PERIODICAL
Japan. Fisheries Agency
Technical Report of Fishing Boat
LIBRARY
BUR. OF COMM. FISH.
HON. BIOL. LAB.

昭 和 29 年 8 月

漁 船 研 究 技 報

第 5 号

TECHNICAL REPORT OF FISHNIG BOAT

No. 5

AUGUST 1954

水産庁 生産部 漁船研究室
FISHING BOAT LABORATORY
PRODUCTION DIVISION
FISHERIES AGENCY

MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY
2—1. KASUMIGASEKI, CHIYODAKU, TOKYO, JAPAN

目　　次

漁船研究技報第5号刊行に際して……（1）
漁船研究室の事業概況……（3）
〔研　究〕
運搬漁船の船型試験成績について（水槽試験成績第4報）……（7）
和船型木造船の撓みについて（小型漁船性能改善研究第7報）……（27）
神鷹丸の舵軸捩力率の試験について……（39）
漁船機関のシリンダー等の摩耗について（第4報）……（49）
磁気羅盆に関する研究（制振特性について第2報）……（67）
底曳網用自記式網高さ計、G.R. 展開計及びそれらの実験結果について……（73）
魚群探知機の装備に関する研究……（141）
Ⅰ．船底突出型整流覆の形状に関する研究……（141）
Ⅱ．船底気泡層に関する研究……（149）
魚群探知機の記録像より見た海底地形の忠実性について……（155）
D.S.L. の超音波伝播特性に及ぼす影響に関する研究……（167）
魚群探知機によるコンブ群落の探知に関する研究……（187）
〔附記〕前号までの掲載報告の目次……（195）

Contents

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 5. ..... (2)

Outline of Business of Fishing Boat Laboratory ..... (5)

[Studies]

Tank Test Results of Fish Carrier (Tank Test Results, Report No. 4) ..... (7)

Deflection of Japanese Type Wooden Fishing Boat (Research on the Improvement of the Characteristics of Small Fishing Boat) ..... (27)

Rudder Torque Measurements of the Trawler "Shin-yo-maru"..... (39)

Wearing Cylinder of Fishing Boat Engine..... (49)

Study on Magnetic Compass Bowl ..... (67)

Automatic Net-Height Meter and Automatic Ground Rope Indicator for Two-Boat Trawler and Results of Experiment for These Apparatuses..... (73)

Mounting of Transducer of the Echo-Sounder ..... (141)

I Study on the Form of Projected Streamlined Cover ..... (141)

II The Bubble Layer under the Ship Bottom ..... (149)

Reliability of Record of Shape for Sloped Sea Bottom Obtained by Ultrasonic Echo-Sounder ..... (155)

Influence of D.S.L. on the Characteristics of Ultrasonic Wave Propagation ..... (167)

Study on Detection of the Japanese Tang Field by an Ultrasonic Echo-Sounder... (187)

Appendix: Contents of the Reports Published in the Past..... (197)

漁船研究技報第5号刊行に際して

一般に漁船は漁業者にとつて、必要欠くべからざる生産手段であると共に最も重要な財産である。この漁船の改良については、過去何世紀、否むしろ漁船の歴史が始つて以来、その時々に従つて工夫と努力を重ね、今日に至つている。

現在に於てもこの努力は続けられ、漁業関係者自体の研究はもとより、他の分野で進歩発達した科学技術を漁船に応用する方策は盛に行われている。

かように漁船の技術的性能改善は、着々と進行してはいるが、その速度は全体として必ずしも急速とは言い難いようである。

われわれ漁船の研究者には、この性能改善の速度を少しでも、迅速にすることが与えられた任務であり、又そのために日夜精魂を傾けて、研究に又実験に努力を続けている。

その結果は必ずしも、期待通りの成果を得たとは言えないが、少くともその研究成果の一部は着々実用方面に応用され、漁船の科学化、機械化に役立つていることは、当事者として、まことに喜びに耐えない。

然し本研究室は未だ人員、機材、経費等何れも貧弱であつて、漁業界、漁船界等の御期待に充分副い得るや否やは疑問であるが、研究員一同一致協力、益々旺盛なる研究意慾を以て研究に精進し各位の御期待に副いたい考へである。

漁船研究技報第5号を上梓するに当り、漁船関係の各位の絶大なる御協力と懇篤なる御指導とを期待して止まない。

昭和29年3月

水産庁生産部
漁船研究室長　稲村桂吾

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 5.

Generally speaking, fishing boats are the most important property for fishermen as well as the vital means for production.

For betterment of the fishing boats, many devices and much effort has been made in many centuries, nay it may be more suitable to say that the effort has been continued from the very beginning of the fishing boat history.

Nowadays, sciences and techniques developed in the other field than the fishing industry is frequently applied to the fishing boat, besides the studies made by the people in fishing industries, but the steps of her technical development is not necessarily fast as a whole.

We, investigators of fishing boats, have a task to make these steps faster, and all efforts of study and experiment are concentrated in this point. It is our great pleasure to see that the results obtained here are applied to the practical boats.

Our laboratory is not so perfect in its membership, facilities and budgetary to satisfy the expectation of the fishing industry or ship building industry, but every effort will be made to answer the expectation of the industries.

Upon publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 5, we hope to get kind cooperation and assistance of the people concerned.

March, 1954

Keigo Inamura
Chief, Fishing Boat Laboratory
Production Division,
Fisheries Agency.

漁船研究室の事業概況

戦後漁船の改善を目途とし、水産庁は昭和23年度より生産部に漁船研究室が設置され、今日に至つている。

現在の漁船研究室各科の所在地及び担当部門は、次の通りである。

漁船研究室各科所在地一覧

区分	所在地	担当部門
総務班	東京都千代田区霞ケ関	庶務、会計、人事、その他
船体研究科	東京都中央区月島三号地（月島分室）	漁船の推進、旋回、構造、その他船体に関する研究
機関研究科	横須賀市久里浜（久里浜分室）	漁船機関に関する研究
航器研究科	同上（同上）	漁船用航海計器、漁撈計器及び海洋観測計器等に関する研究

漁船法によれば誰でも漁船、漁船機材器具等の調査研究を本研究室に依頼出来ることになつているが、年々相当数の依頼を受け、その結果を夫々実船に応用して好結果を得ている。

事業開始以来現在まで行つた研究の内、主なものは次の通りである。

漁船研究事業実績概要

研究項目	年度	内容
基礎試験研究		
1. 船体改善研究	23--継続中	実地試験に対応する水槽試験を主体とし、構造艤装に関する基礎試験研究及びこれに必要な設備材料等の整備
2. 機関改善研究	23—継続中	漁船機関の材質、構成部品の構造、機能等の基礎試験研究及びこれに必要な設備材料等の整備
3. 航海測器改善研究	23—継続中	漁船用航海計器及び漁撈計器類の基礎的研究及びこれに必要な施設材料等の整備
実地試験研究		
1. 推進能率研究	23—継続中	漁船用小型捩り動力計を試作し、実働漁船の推進能率を試験研究し、漁船の推進性能の向上を図らんとする研究
2. 防熱装置研究	23—27	漁船16隻に新規考案の防熱工事を施行し、その実績を調査研究
3. 小型漁船改善研究	25—継続中	小型漁船の船型構造、安全性能等の研究を行うもので、昭和25年26年の両年度に新造した和船型及び和洋折衷型の実験船を用い、実験研究を実施中
4. 機関高速軽量化研究	23--26	4種の2サイクルヂーゼル機関、2種の高速ヂーゼル機関を試作し、実働漁船に搭載して海上実験を施行
5. 漁船機関の漁撈時に於ける性能向上研究	26—継続中	漁撈時の漁船用機関の性能を向上させるため、主としてシリンダーの磨耗及びその対策を研究
6. 航海測器試験研究	23—継続中	高緯度磁気羅針儀及び漁船用航海時計の試作及び実働船による試験研究
7. 遠隔海水温度計研究	25—継続中	航行中連続に中層海水の温度分布を測定出来る遠隔温度計の試作及び実地試験

8. 漁船用音響測深儀及びその整備に関する研究	26—継続中	漁船用音響測深儀（魚群探知機）の性能改善及び漁船に装備する場合の性能向上に関する研究
9. 漁船特殊装備に関する研究	27—継続中	主として網漁船用の器具及び副漁具類の試作研究
10. 木造漁船の軽量化試験研究	28—継続中	木造漁船の構造を改良して、合理的且つ軽量な構造を考案せんとする研究
11. 横向き回転式魚探機研究	28—継続中	ブラウン管式による全方向を直視し得る超音波による魚探機の試作研究
12. 海洋観測機械器具の改善研究	28—継続中	高性能、高能率の海洋調査機具の試作研究

Outline of Business of Fishing Boat Laboratory

The Fishing Boat Laboratory was inaugurated in the Production Division, the Fisheries Agency in 1948 fiscal year for the purpose to improve the fishing boat after the termination of the War.

The businesses of the each branch of the Laboratory and their addresses are as follows;

Branch	Location	Businesses
General Affairs	Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo	General affairs, account, personnel affairs, etc.
Hull Study	Sango-chi, Tsukishima, Chuo-ku, Tokyo	Propulsion, turning, construction and other researches of hull
Engine Study	Kurihama, Yokosuka City	Studies of fishing boat engine
Nautical Surveying Instruments Study	〃	Studies on nautical serveying instruments for fishing vessel and meters for fishing operation

Basing upon the Fishing Vessel Law, anyone can offer the investigations and researches of fishing vessel engine and fishing gears, and many investigations and researches are carried out by this system every year, and the results are being applied to practical vessels with fruits.

The following table shows the results of the study made by the Laboratory since the inauguration in 1948 and programs for 1954.

It is hoped that the concerning parties would give continuous assistances to the Laboratory and utilize the activities.

Item of study	Year	Contents
Basic experiments and investigations		
1. Improvement of hull	Since 1948	Experimental tank test to cope with the practical experiment and investigation, fundamental researches and experiments of construction and fittings, arrangement of the experiment facilities and materials.
2. Improvement of engine	Since 1948	Fundamental researches and experiments of materials, constructions and performances of engine. Arrangement of the necessary facilities and materials.
3. Improvement of nautical surveying instruments	Since 1948	Fundamental researches of nautical instruments and meters for fishing operation. Arrangement of the necessary facilities and materials.
Practical experiments and investigations		
1. Study on Propulsion efficiency	Since 1948	Researches to improve the propulsion efficiency of fishing boat by practical application of a small torsion meter
2. Study on Insulation	1947~1952	Investigation and researches of new style insulation of fish hold of 16 practical boats.

	Item of study	Year	Contents
3.	Improvement of small fishing boats	Since 1950	Investigation of ship form, construction, stability etc. of small fishing boats by a Japanese type, semi-Japanese type test boats which were constructed in 1950 and 1951.
4.	Study on light and high speed engine	1948~1951	Investigation on the sea of 4 kinds of 2 cycle engines and 2 kinds of high speed diesel engines manufactured for the test.
5.	Improvement of performance of engines under fishing operation	Since 1951	Investigation of wearing of engine cylinders and the counter-method for betterment of the performances of fishing boat engine under operation.
6.	Study on nautical surveying instrument	Since 1948	Manufacturing of a magnetic compass for high latitude and chronometer for fishing boats and their experiment on practical boats.
7.	Study on remote control seawater thermometer	Since 1950	Manufacturing of a remote control seawater thermometer to measure the distribution of sea water temperature continuously under navigation, and its field experiment.
8.	Study on an echo-sounder and its installation	Since 1951	Investigation for betterment of the echo-sounder (fish-finder) and its installation method.
9.	Study on apparatus for netting boat	Since 1952	Manufacturing and researches of apparatuses for netting boat and sub-fishing gear
10.	Study on lightening of wooden fishing boat	Since 1953	Study to find a reasonable and light construction of the fishing boat by betterment of the structure.
11.	Study on a horizontal fish-finder of rotating system	Since 1953	Test manufacturing of an ultrasonic fish finder by which all horizontal directions can be seen by Brawn Tube system.
12.	Study on betterment of apparatus for oceanographic observation	Since 1953	Test manufacturing of efficient apparatuses with good performances for oceanographic observation

運搬漁船の船型試驗成績に就いて

(水槽試驗成績第4報)

Tank Test Results of Fish Carrier

(Tank test results, the 4th report)

概　要

30噸型木造鮮魚運搬船の船型に就いて、肥瘠度を4種類に変化せしめて比較試驗を行つた。船の主要目は L×B×D=19.50米×3.60米×1.90米である。原型（第3船型）は柱形肥瘠係数 $\varphi=0.66$であるが、これの L，B，D を一定とした儘、満載状態イーブンキールに於ける柱形肥瘠曲線を前後とも原型より膨らませたものを第1船型（$\varphi=0.69$)、前半部は原型の儘として後半部のみを原型より稍々膨らましたものを第2船型（$\varphi=0.67$)、第2船型と全く同一の柱形肥瘠曲線で後半部の肋骨線形状のみを変化せしめたものを第4船型と名付けて、これ等4船型の曳航試驗成績を比較した。各船型に就ては軽荷、半載及び満載の3状態にトリムの変化と組合はした都合7状態の試驗を行つている。

試驗成績を実船の有効馬力及び剰余抵抗係数に表はして比較した結果は概ね次の通りである。

a. 実用範囲内の速力では、有効馬力と剰余抵抗係数の就れも、第2船型が最も低い値を示しているが、原型（第3船型）との差は著しくない。第4船型は概してこれよりも悪く、第1船型は更に良くない。

b. 一般に柱形肥瘠係数及び竪柱形肥瘠係数の増大に伴ひ剰余抵抗係数も大きくなる。

c. 本実験の範囲内では剰余抵抗を最小ならしめる長さ方向浮心の位置が存在するが、これは排水量によつて異る。

d. 竪方向浮心の位置の影響としては、本実験の範囲内では、低いフルード数では浮心が高いほど剰余抵抗係数が小さくなる傾向を示すが、高いフルード数では必しもそうならない。

e. 同一の柱形肥瘠曲線を使用しても、後半部の肋骨線形状は剰余抵抗係数に著しい差異を与へる。

ABSTRACT

The towing test was made for the original form and three variations of the model of the 30 G.T. type fish carrier, whose principal dimensions are $L\times B\times D=19.50^{M}\times 3.60^{M}\times 1.90^{M}$ and the prismatic coefficient is 0.66. The principal dimensions of the models were kept constant.

The 1st form ($\varphi=0.69$): Fore and aft bodies of the prismatic curve at the full load condition with even keel, are expanded.

The 2nd form ($\varphi=0.67$): The fore part has the original shape and the aft part is expanded a little.

The 3rd form ($\varphi=0.66$): The original form.

The 4th form ($\varphi=0.67$): The shape of the prismatic curve is the same as the 2nd form, but the frame lines of the aft body are varied.

Experiments were performed under 7 conditions: a combination of light load, half load and full load condition with changed trim.

The residual resistance coefficient and the effective horse power of the actual ship estimated from these tank tests are as follows:

a. In practical ship's speed, the effective horse power and residual resistance coefficient is the lowest for the 2nd form, which has small different form the original one (the 3rd form). The 4th form is worse than the 2nd form, while the 1st form is the worst.

b. When the longitudinal or vertical prismatic coefficient is increased, the residual resistance coefficient generally becomes large.

c. As far as this experiment concerns, the best position of the longitudinal centre of buoyancy which makes the residual resistance coefficient lowest, exists, But it seems to vary according to ship's displacement.

d. As for the influence of the position of vertical centre of buoyancy on resistance, this experiment shows at low Froude's Number a tendency that the residual resistance coefficient becomes small as the position of centre of buoyancy is lifted higher, but in case of high Froude's Numer this tendency can not always be observed.

e. Even if the prismaric curve is same, the different form of aft frame lines gives noticeable change in the residual resistance coefficient.

【項　　目】

まえがき
1. 試験方法
(1) 模型の変型
(2) 模型曳行試験
2. 試験成績
(1) 有効馬力曲線
(2) 剰余抵抗係数曲線
(3) 柱形肥瘠係数、竪柱形肥瘠曲線及浮心の位置が剰余抵抗係数に及ぼす影響
むすび

まえがき

本試験は、林兼造船所が30噸型木造鮮魚運搬船を建造するに当り、当研究室に線図を呈示の上、模型の抵抗試験及線図の改造を依頼した際のものである。

当室に於ては、初めその線図に基き、柱形肥瘠曲線を系統的に変化せしめた6船型について、試験を実施すべく計画を進めたが、都合に依り4船型の試験に止めるを余儀なくされた。しかし、この試験成績からこの種類の漁船に於て、船型の相違が紹来する抵抗変化の概略の様相を把握することが出来たし最良と思はれる船型がほゞ決定された。

以下この試験状況について述べ、その成績につて若干の考察を試みた。

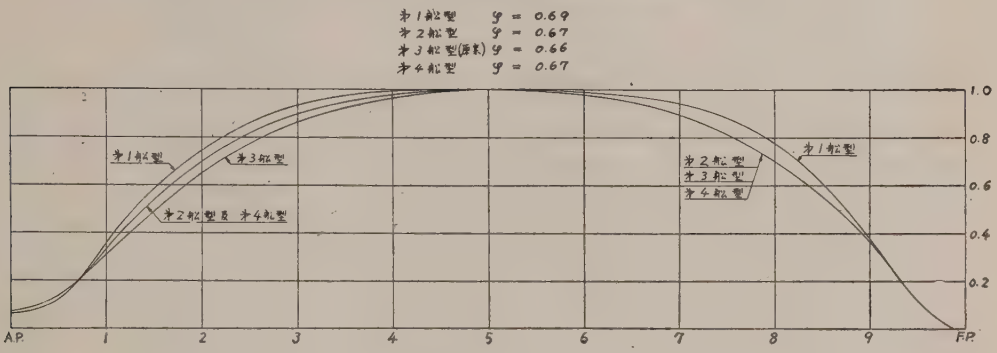
1. 試験方法

試験に供した模型の変型方法と模型曳行試験の種類は次の通りである。

(1) 模型の変型

本船の主要目は次の通りである。

L×B×D　19.50米×3.60米×1.90米（木船構造規程による）



第 1 図

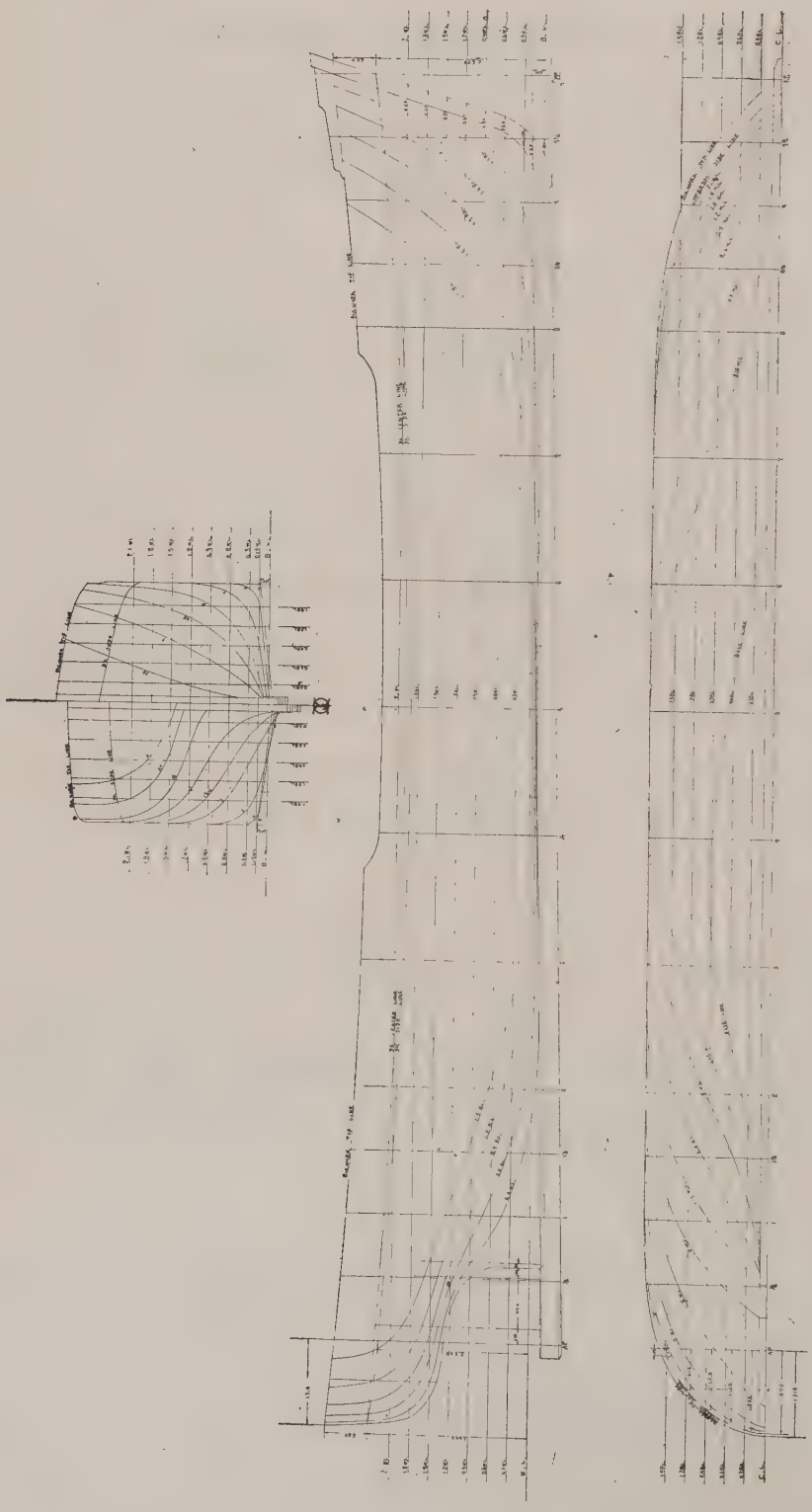
林兼造船所より呈示された線図で、満載状態に近い吃水（龍骨を含まず）1.60米、イープンキールの柱形肥瘠曲線に基き、第1図の様な変型を行つた。即ち、柱形肥瘠曲線の中央截面より前半部及び後半部を原型（第3船型）より肥らした船型（第1船型)、前半部は原案に保ち後半部を肥らした船型（第2船型)、及び之とほぼ同一の柱形肥瘠曲線で、後半部の肋骨線形状を変型した船型（第4船型）である。

之等4船型の柱形肥瘠係数 φ 及び浮心の位置 l は次の通りである。茲に l は中央截面からの距離を船長に対する百分率で示し、中央截面から前方を（−）、後方を（+）とする。

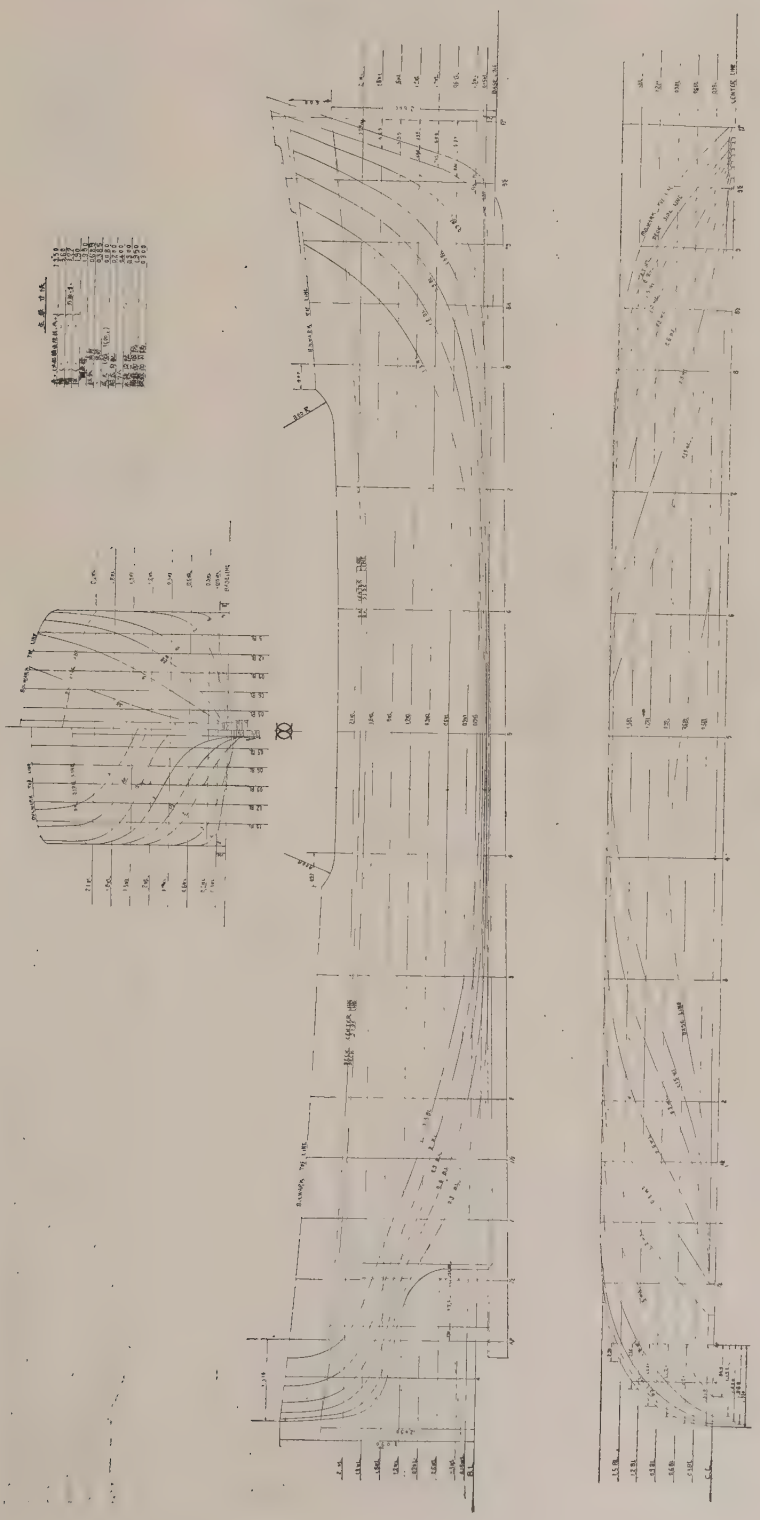
	φ	l（%）
第1船型	0.99	−0.25
第2船型	0.67	−0.39
第3船型（原型）	0.66	−0.40
第4船型	0.67	−0.53

4船型の線図は第2～5図に示した。尚、変型に際しては、L，B，Dは全く変化せず、艙の形状も変化しなかつた。但し、第4船型のみは、艫の形状と甲板面積を第5図に見る様に変型した。又之等4船型相互の関係を第6図に正面図で比較した。

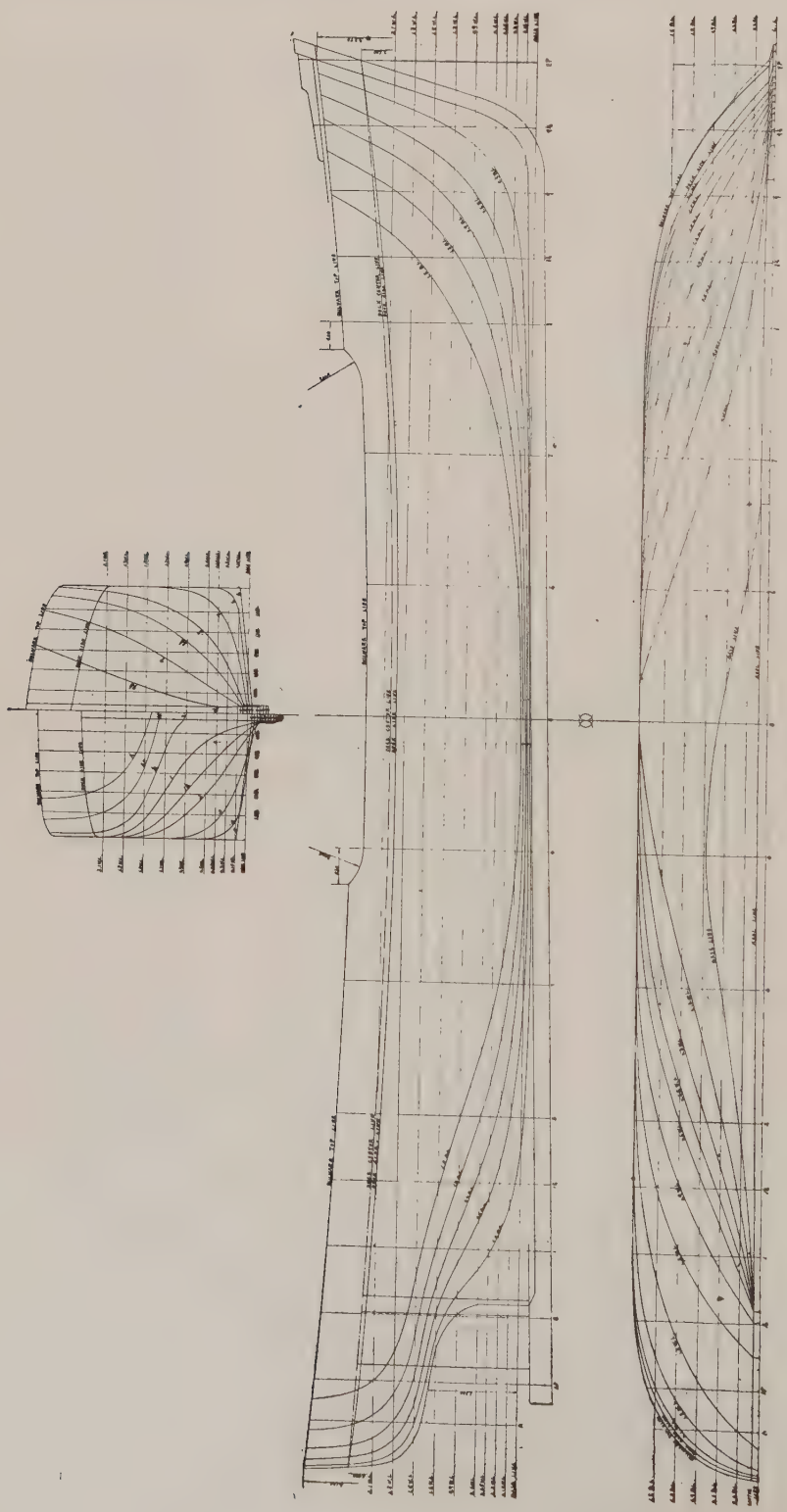
供試模型は2.5米のパラフイン製である。



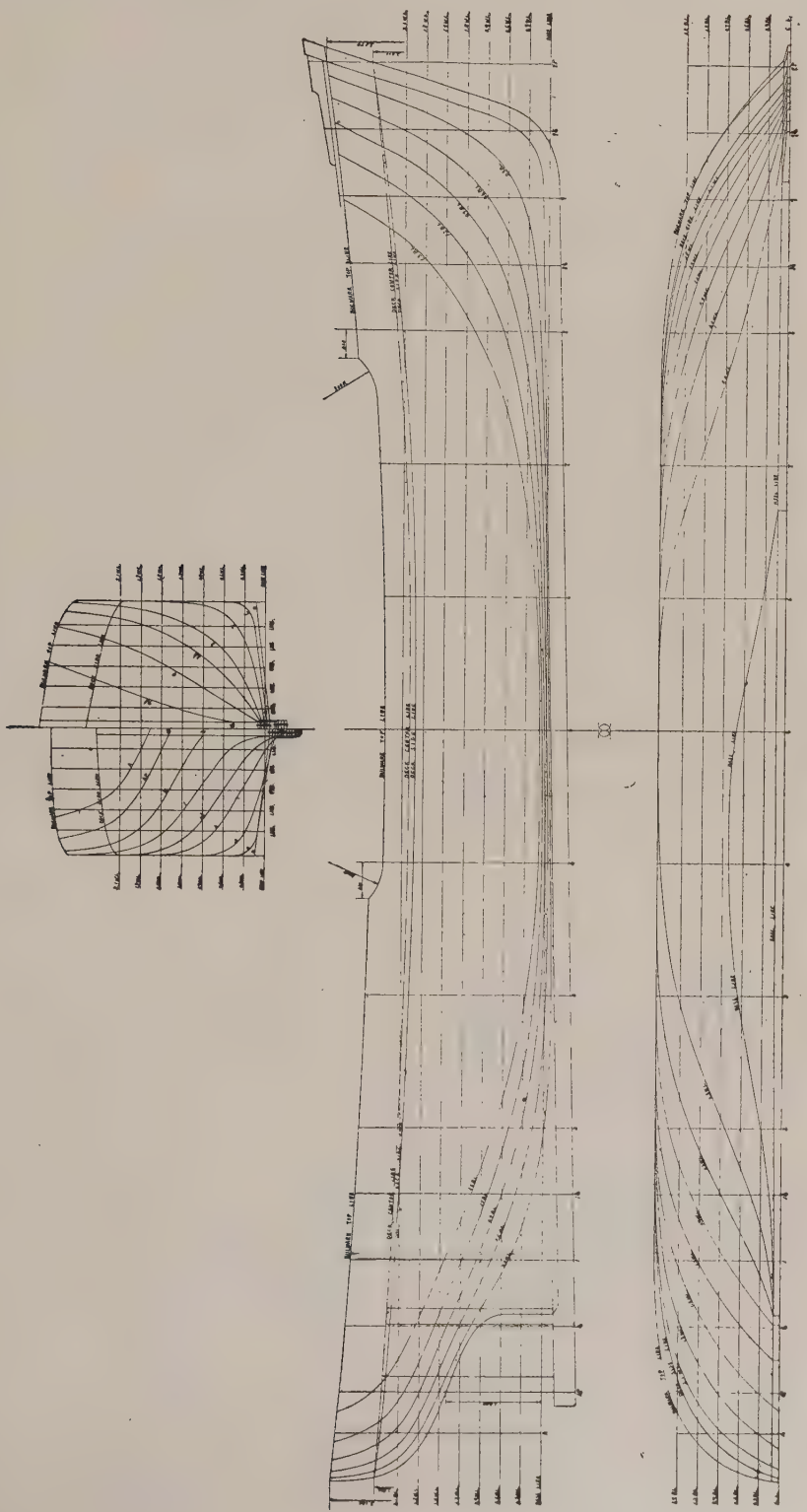
第 2 図



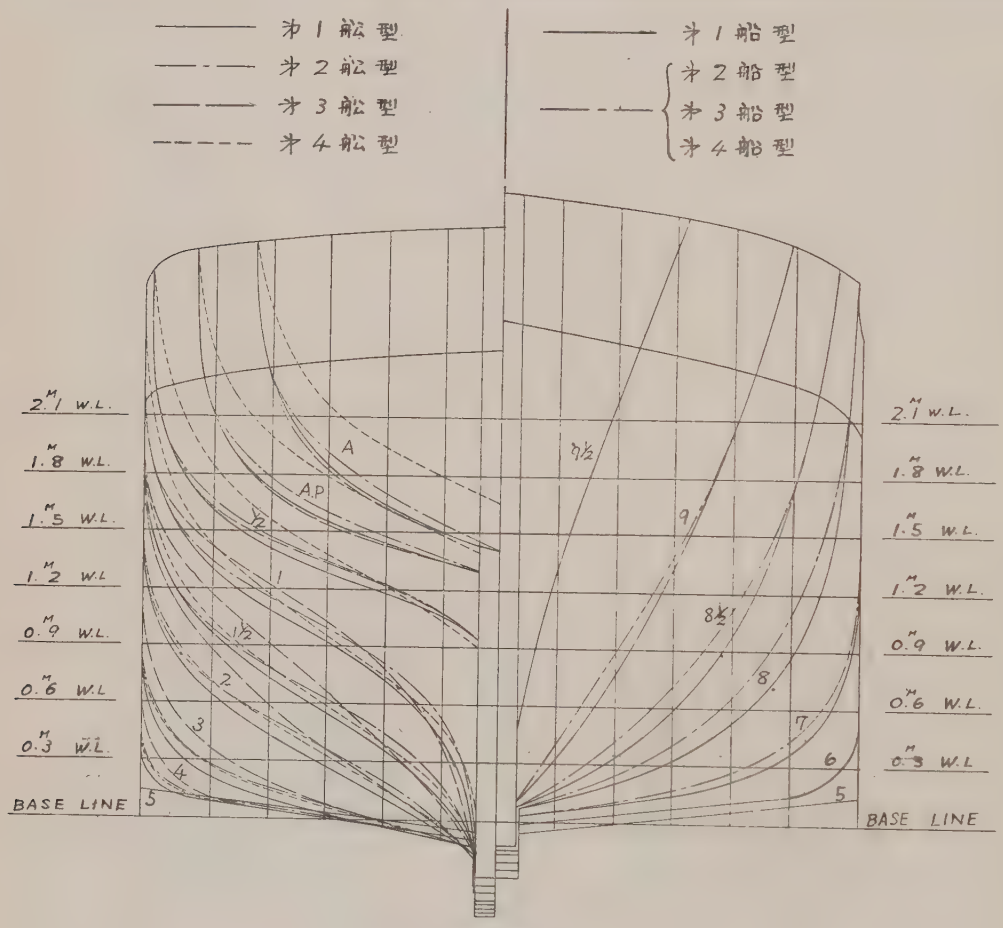
第３図



第 4 図



第5図



第 6 図

(2) 模型曳行試験

模型の曳行試験は各模型について、排水量を等しくし、満載、半載及び軽荷の3状態のイーブンキールと満載及び軽荷状態はトリムを2段階に変化させ、合計7状態について実施した。

試験状態は第1表に示す通りである。

第 1 表

船型	状態	排水量(屯)	トリム(米)	平均吃水(米)	浸水表面積(平方米)	水線長(米)
第一船型	軽荷	47.5	イーブンキール	1.282	88.02	19.09
			.025L 艉へ	1.282	88.79	19.00
			.05 L 艉へ	1.275	89.78	18.92
	半載	65	イーブンキール	1.603	101.80	19.17
	満載	80	イーブンキール	1.876	115.53	19.76
			.015L 艉へ	1.868	114.74	20.07
			.03 L 艉へ	1.857	114.49	20.20

第二船型	軽荷	47.5	イーブンキール	1.317	87.06	19.10
			.025L 艉へ	1.317	87.82	19.01
			.05 L 艉へ	1 310	89.25	18.93
	半載	65	イーブンキール	1.636	97.27	19.18
	満載	80	イーブンキール	1.918	114.13	19.87
			.015L 艉へ	1.910	115.29	20.14
			.03 L 艉へ	1.895	115.74	20.25
第三船型(原型)	軽荷	47.5	イーブンキール	1.359	86.54	19.11
			.025L 艉へ	1.360	88.40	19.02
			.05 L 艉へ	1.344	88.90	18.94
	半載	65	イーブンキール	1.668	100.50	19.19
	満載	80	イーブンキール	1.933	113.80	19.95
			.015L 艉へ	1.917	114.61	20.15
			.03 L 艉へ	1.918	115.46	20.28
第四船型	軽荷	47.5	イーブンキール	1.358	88.67	19.12
			.025L 艉へ	1.351	89.36	19.03
			.05 L 艉へ	1.328	89.04	18.95
	半載	65	イーブンキール	1.639	101.17	19.19
	満載	80	イーブンキール	1.920	112.75	19.39
			.015L 艉へ	1.909	113.01	19.68
			.03 L 艉へ	1.892	115.61	19.87

2. 試験成績

4船型の試験成績を有効馬力曲線及び剰余抵抗係数曲線について比較考察した。更に、柱形肥瘠係数、竪柱形肥瘠係数及び浮心の位置等が剰余抵抗係数に及ぼす影響について検討した。

(1) 有効馬力曲線

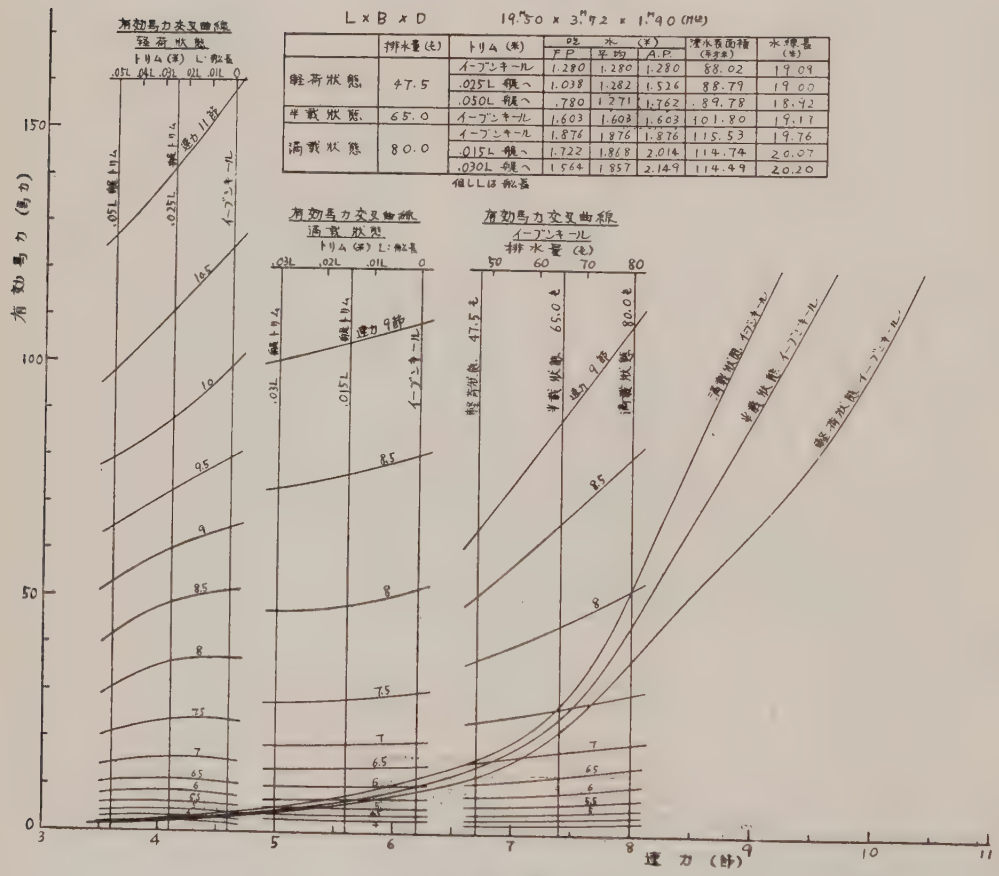
試験結果を有効馬力に換算して第7～10図の有効馬力及び交叉曲線を得た。尚、4船型の各状態の方形肥瘠係数 δ, 柱形肥瘠係数 φ, 中央横截面積係数 β, 竪柱形肥瘠係数 γ, 長さ方向の浮心の位置 l, 竪方向の浮心の位置 h (龍骨下面から浮心までの高さを吃水Tに対する百分率で示す)、排水容積長比 $\nabla/\left(\frac{L}{10}\right)^3$、幅吃水比 B/T を第2表に示した。

第 1 船 型

L × B × D　19.50 × 3.72 × 1.90 (m)

	排水量(t)	トリム(米)	吃水 FP	吃水 平均	吃水 AP	浸水表面積(平方米)	水線長(米)
軽荷状態	47.5	イーブンキール	1.280	1.280	1.280	88.02	19.09
		.025L 艫へ	1.038	1.282	1.526	88.79	19.00
		.050L 艫へ	.780	1.271	1.762	89.78	18.42
半載状態	65.0	イーブンキール	1.603	1.603	1.603	101.80	19.11
満載状態	80.0	イーブンキール	1.876	1.876	1.876	115.53	19.76
		.015L 艫へ	1.722	1.868	2.014	114.74	20.07
		.030L 艫へ	1.564	1.857	2.149	114.49	20.20

但しL は船長

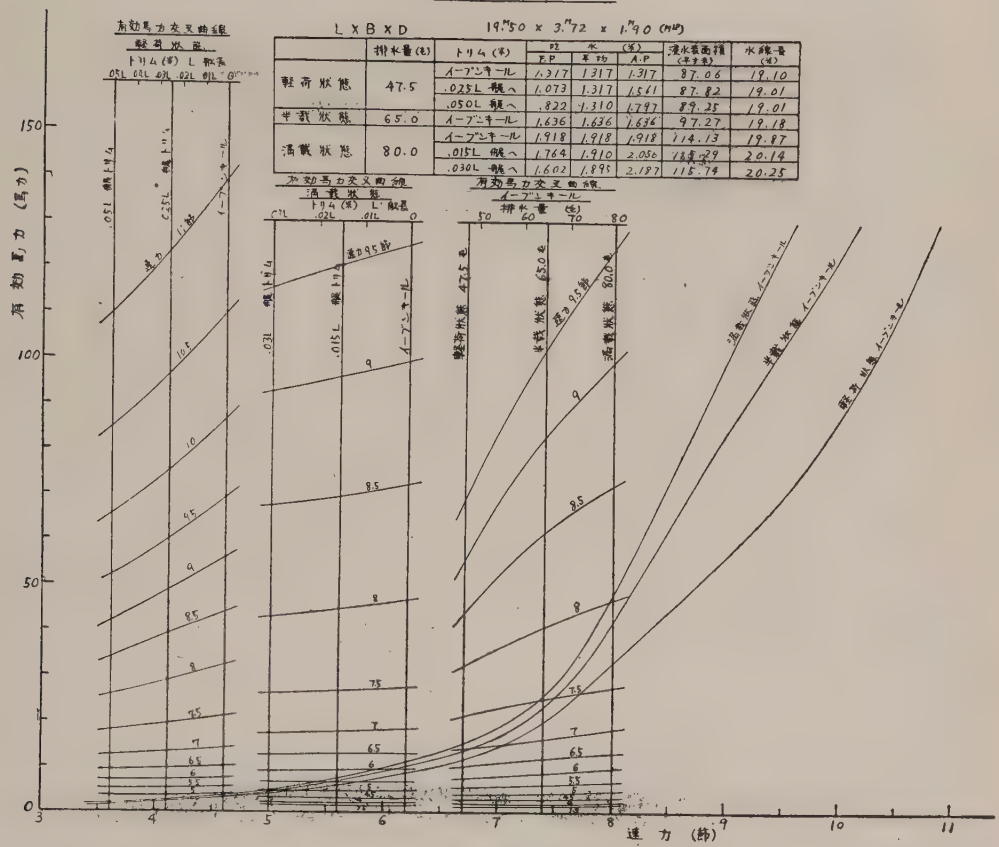


第 7 図

第 2 船型

L × B × D　19.50 × 3.72 × 1.90 (m)

	排水量(t)	トリム(m)	吃水 FP	吃水 平均	吃水 (m) AP	湿水表面積 (m²)	水線長 (m)
軽荷状態	47.5	イーブントリム	1.317	1.317	1.317	87.06	19.10
		.025L 艫へ	1.073	1.317	1.561	87.82	19.01
半載状態	65.0	.050L 艫へ	.822	1.310	1.797	89.35	19.01
		イーブントリム	1.636	1.636	1.636	97.27	19.18
満載状態	80.0	イーブントリム	1.918	1.918	1.918	114.13	19.87
		.015L 艫へ	1.764	1.910	2.056	126.29	20.14
		.030L 艫へ	1.602	1.895	2.187	115.19	20.25

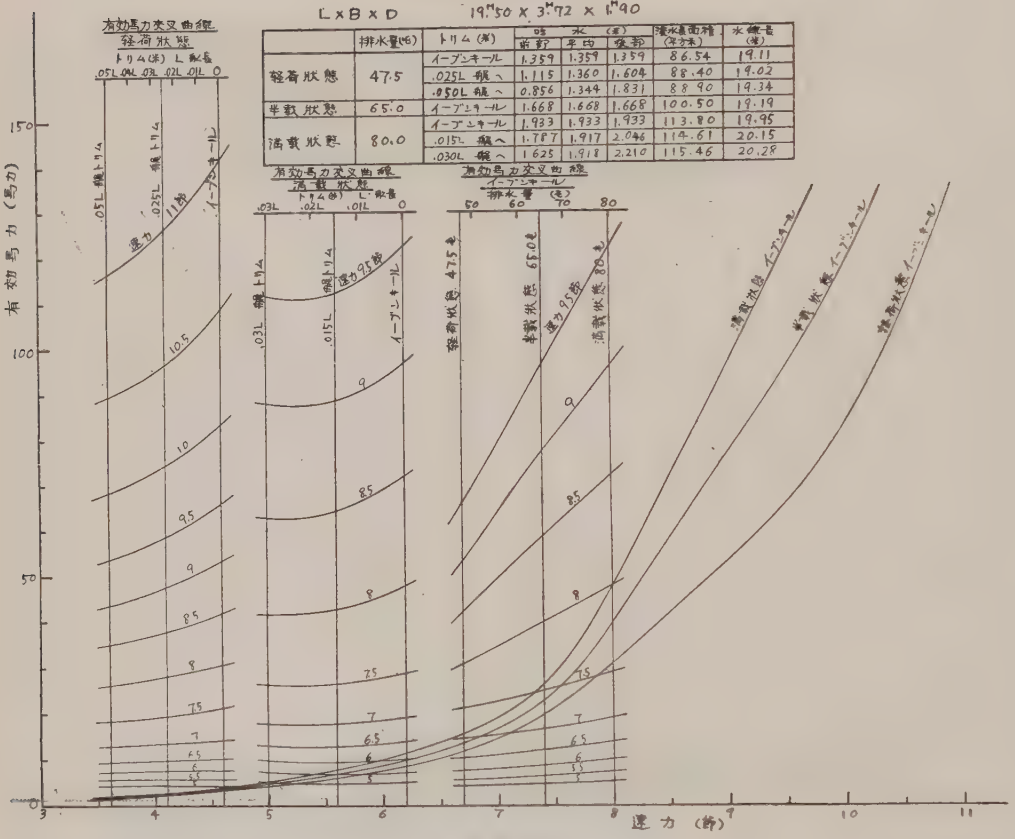


第 8 図

第 3 船 型

L × B × D　19.50 × 3.72 × 1.90

	排水量(t)	トリム(米)	喫水 前部	喫水 平均	喫水 後部	浸水表面積 (含付属)	水線長 (m)
軽荷状態	47.5	イーブンキール	1.359	1.359	1.359	86.54	19.11
		.025L 艫へ	1.115	1.360	1.604	88.40	19.02
		.050L 艫へ	0.856	1.344	1.831	88.90	19.34
半載状態	65.0	イーブンキール	1.668	1.668	1.668	100.50	19.19
満載状態	80.0	イーブンキール	1.933	1.933	1.933	113.80	19.95
		.015L 艫へ	1.787	1.917	2.046	114.61	20.15
		.030L 艫へ	1.625	1.918	2.210	115.46	20.28

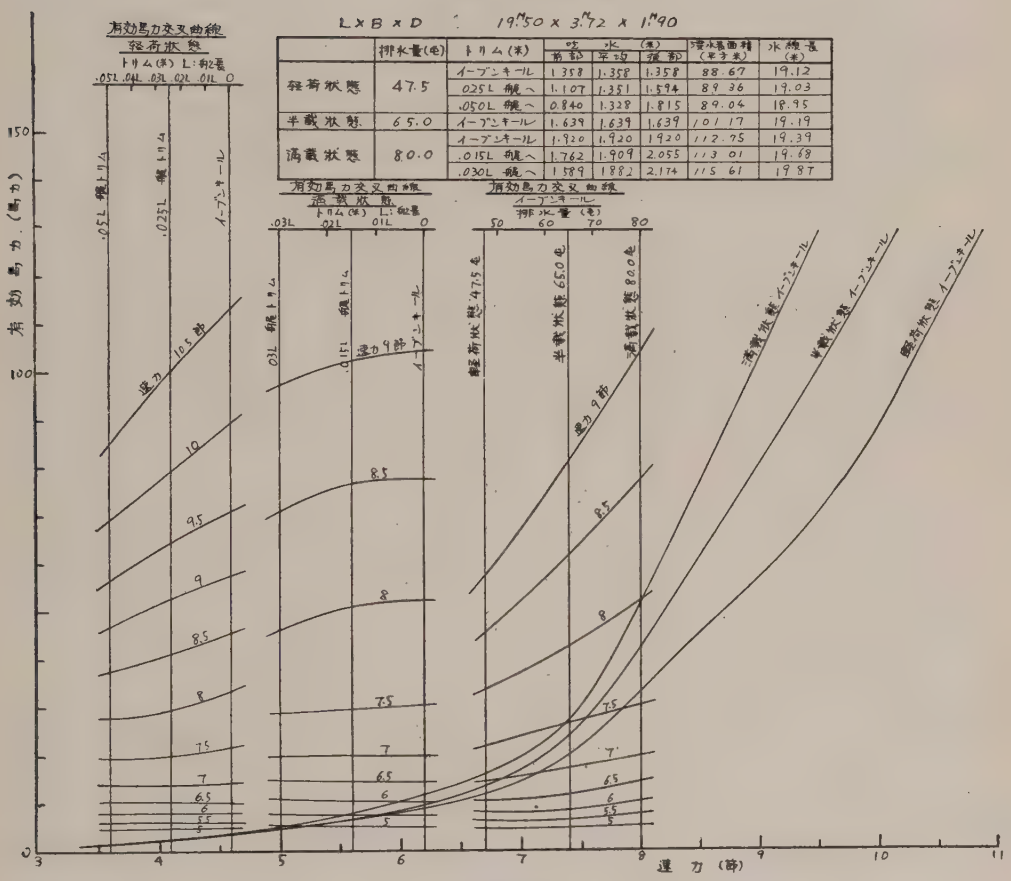


第 9 図

第4船型

L×B×D　19.50 × 3.72 × 1.90

	排水量(t)	トリム(m)	吃水 船首	吃水 平均	吃水 船尾	浸水面積(m²)	水線長(m)
軽荷状態	47.5	イーブンキール	1.358	1.358	1.358	88.67	19.12
		.025L 艫へ	1.107	1.351	1.594	89.36	19.03
		.050L 艫へ	0.840	1.328	1.815	89.04	18.95
半載状態	65.0	イーブンキール	1.639	1.639	1.639	101.17	19.19
		イーブンキール	1.920	1.920	1.920	112.75	19.39
満載状態	80.0	.015L 艫へ	1.762	1.909	2.055	113.01	19.68
		.030L 艫へ	1.589	1.882	2.174	115.61	19.87



第10図

第 2 表

船型	状態	トリム	δ	β	φ	γ	l (%)	h (%)	$\nabla/(\frac{L}{10})^3$	B/T
第一船型	軽荷	イーブンキール	.600	.910	.659	.703	−1.03	60.0	6.520	2.908
		.025L 艉へ	.600	.910	.659		1.94		6.615	2.904
		.05 L 艉へ	.604	.910	.664		5.06		6.697	2.923
	半載	イーブンキール	.632	.931	.678	.727	−0.71	59.4	8.860	2.320
	満載	イーブンキール	.649	.943	.689	.714	−0.25	59.6	9.990	1.983
		.015L 艉へ	.653	.943	.692		1.22		9.535	1.992
		.03 L 艉へ	.657	.942	.697		2 98		9.358	2.005
第二船型	軽荷	イーブンキール	.592	.912	.649	.683	−1.19	60.9	6.511	2.826
		.025L 艉へ	.592	.912	.649		1.98		6.606	2.826
		.05 L 艉へ	.596	.911	.654		5 08		6.688	2.840
	半載	イーブンキール	.617	.933	.661	.700	−0.69	60.2	8.848	2.275
	満載	イーブンキール	.633	.944	.671	.706	−0.39	60.8	9.828	1.940
		.015L へ艉	.636	.944	.674		0.91		9.435	1.948
		.03 L 艉へ	.642	.944	.680		2.71		9.280	1.963
第三船型(原型)	軽荷	イーブンキール	.540	.885	.610	.689	−1.07	60.6	6.502	2.738
		.025L 艉へ	.540	.885	.610		1.90		6.592	2.736
		.05 L 艉へ	.547	.884	.619		4.89		6.678	2.769
	半載	イーブンキール	.586	.909	.645	.699	−1.00	60.0	8.835	2.231
	満載	イーブンキール	.613	.923	.664	.689	−0.40	59.9	9.704	1.925
		.015L 艉へ	.619	.922	.671		0.71		9.419	1.941
		.03 L 艉へ	.619	.922	.671		2.82		9.242	1.939
第四船型	軽荷	イーブンキール	.559	.917	.610	.689	−1.30	60.9	6.492	2.739
		.025L 艉へ	.563	.916	.615		1.70		6.583	2.755
		.05 L 艉へ	.575	.914	.629		4.95		6.669	2.802
	半載	イーブンキール	.614	.933	.658	.702	−0.94	60.3	8.835	2.270
	満載	イーブンキール	.633	.944	.670	.714	−0.53	60.7	10.575	1.938
		.015L 艉へ	.637	.944	.675		0.94		10.113	1.948
		.03 L 艉へ	.647	.943	.686		2.41		9.828	1.977

茲に之等の有効馬力曲線を比較してみよう。

各状態に於て最も高い有効馬力を与へているのは第1船型である。之はδ, φ, B/T, $\nabla/\left(\frac{L}{10}\right)^3$が最も大きく、肥型の船型である為と考へられる。次に、概して低い値を示しているのは第3船型（原型）で、特に高速部分では著しく、比較的良好な船型の様に思はれる。但し、第2船型の軽荷状態、艉トリム0.05Lは低速から高速に至るまで第3船型よりも低く、又、満載状態のイーブンキールも、低速から8.3節附近までは、同様に第3船型よりも低い値を与へている。

この2状態は実船の航行状態に対応しているから、実用上は第2船型の方がやゝ良好な船型であると思う。尚、第4船型は第2船型とほゞ同じ柱形肥瘠曲線を使用し、肋骨線形状を変化している船型であるが、この船型の与へている有効馬力は第2船型よりも概して高い。之は竪方向の浮力分布が第2船型と異つている為と考えられるが、之については後の項で触れることにする。

次に之等4船型の中で特に目立つた傾向を示している状態を拾つてみよう。

第1船型は、軽荷状態の艉トリム0.025 L及び半載状態のイーブンキールは第2船型の交叉曲線と傾向を異にしているが、之以外は、両船型の肋骨線形状が比較的類似している為か、曲線の傾向は類似している。第3船型はトリムの変化に依り利する有効馬力は、他の3船型よりも大きく現はれている。特に満載状態で、艉へ0.015 Lトリムすることに依る有効馬力の利得は著しく大きいが、第4船型は第3船型と反対に、満載状態で艉へ0.015 Lトリムすることに依り利する有効馬力はそれ程著しくない。

(2) 剰余抵抗係数曲線

こゝに使用している剰余抵抗係数C_rの算出法は次の通りである。

通常当室に於て使用している次の摩擦式

$$R_f = f \cdot S \cdot V^{1.92} \times (T.C.)$$

茲に R_f＝摩擦抵抗（kg）

f＝摩擦抵抗係数

S＝浸水表面積（m^2）

V＝速度（m/sec）

$T.C.$＝標準温度15°Cに対する修正係数

を使用し、模型曳行試験に依り測定された模型船の全抵抗から、この摩擦式に従つて計算した摩擦抵抗を控除して、剰余抵抗R_rを求め、これを剰余抵抗係数C_rの形に表はしている。

茲にC_rは

$$C_r = \frac{R_r}{\frac{1}{2}\rho \nabla^{\frac{2}{3}} V^2}$$

R_r＝剰余抵抗（kg）

ρ＝水の密度（kg. sec^2/m^4）

∇＝排水容積（m^3）

V＝速度（m/sec）

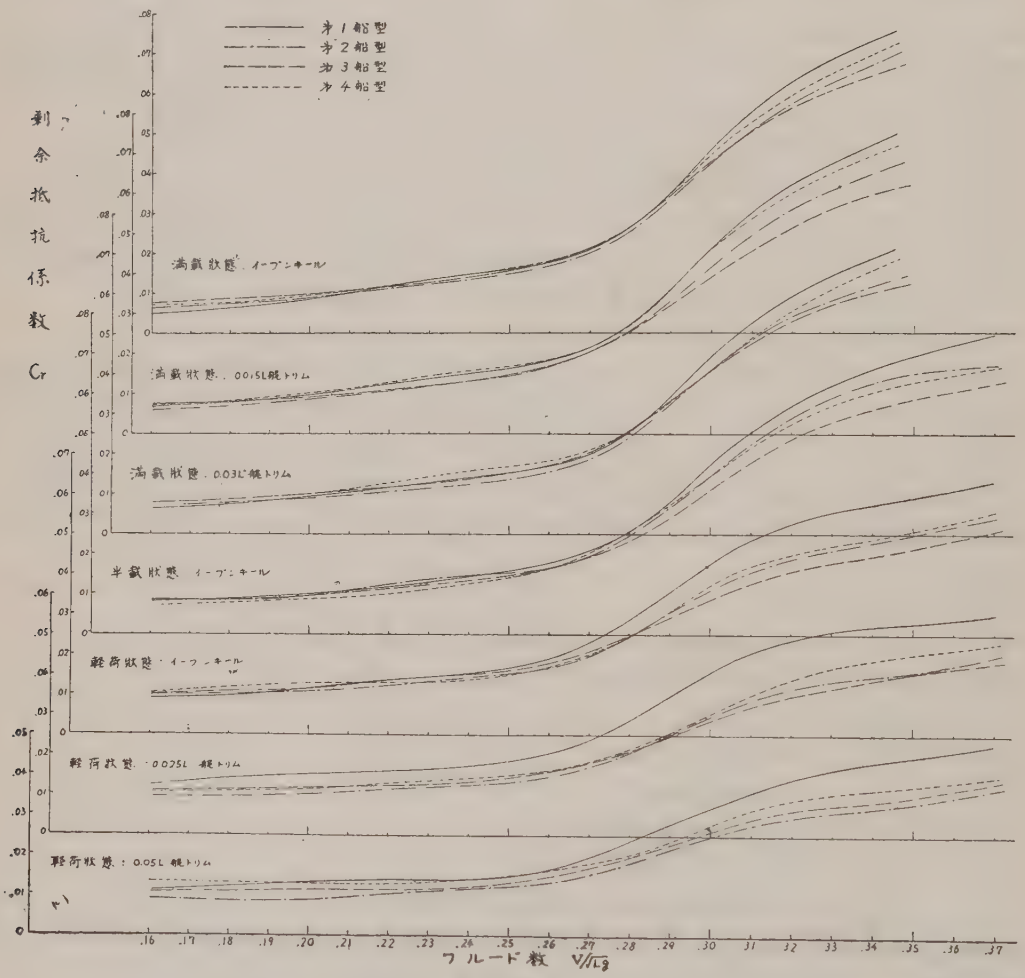
である。

4船型の剰余抵抗係数C_rをフルード数$V/\sqrt{Lg}$を基底とする剰余抵抗係数曲線に表はした。

先づ、各船型についての剰余抵抗係数曲線の概略の傾向は次の通りである。

高い$V/\sqrt{Lg}$の部分では、排水量の大きい状態のC_rは高い値を示している。しかし、低い$V/\sqrt{Lg}$では必しもそうではなく、軽荷状態のC_rが概して高い値を示している。又、トリムの変化に依るC_rの増減は軽荷状態の方が、満載状態よりも大きい。

次に、各状態について、4船型の C_r を比較の型で表はし第11図を得た。之に依り4船型の優劣を比較してみよう。



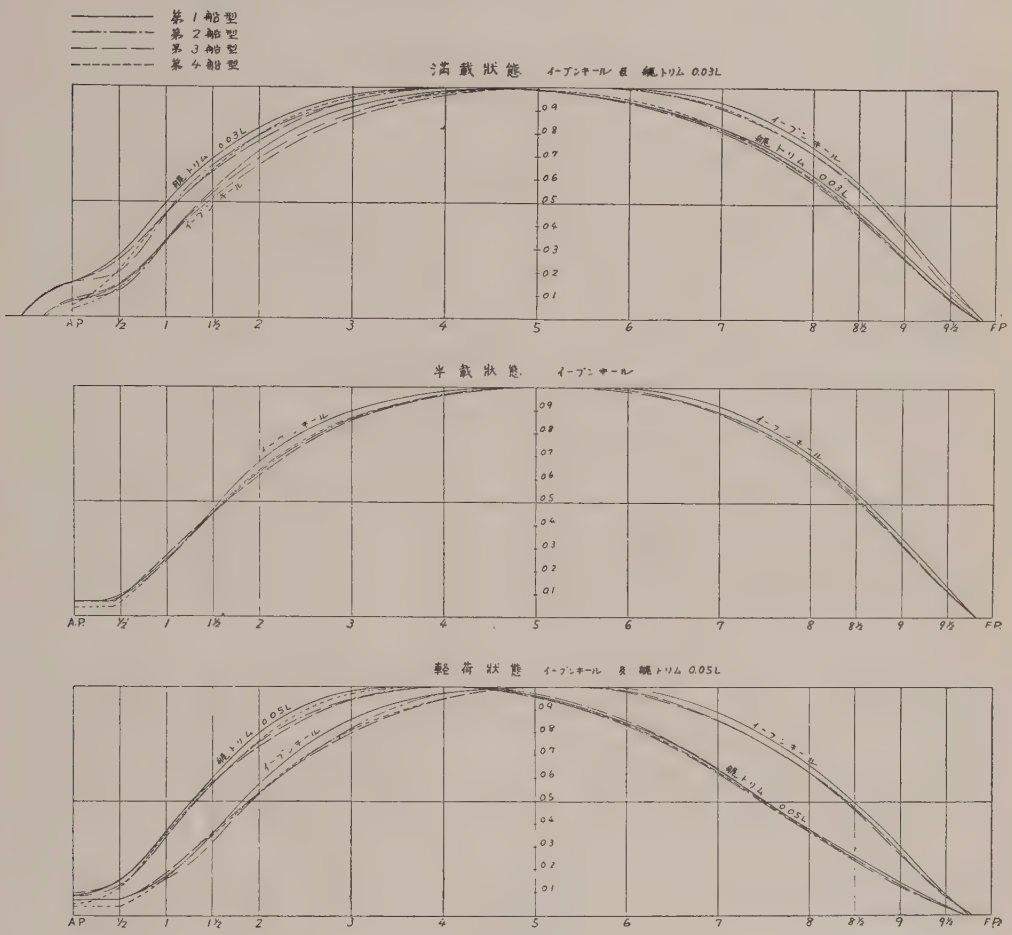
第 11 図

状態に依つて多少相違はあるが、第1船型は全般には C_r 最も高い値を示し、第4船型も概して高い C_r を示している。第3船型は $V/\sqrt{Lg}$ の高い部分では比較的低い値を与えている。但し、第2船型の軽荷状態・艇トリム 0.05L 及び満載状態・イーブンキールの C_r は最低である。この2状態は前述の様に実船の航行状態である。

之等の曲線の各船型相互間の差異は、有効馬力曲線に見られる傾向と大きい相違を認められない。中で特異な傾向を示しているのは、第1船型の軽荷状態・艇トリム0.025L が著しく高い値を示していることである。又、満載状態の艇トリム 0.015L では、有効馬力曲線について述べたと同様な傾向が剰余抵抗係数曲線にも表はれている。即ち、第3船型は特に低く、第4船型は著しく高い。

(3)　柱形肥瘠係数、竪柱形肥瘠係数及び浮心の位置等が剰余抵抗係数に及ぼす影響

4船型の柱形肥瘠係数 φ、長さ方向の浮力分布を示す柱形肥瘠曲線及び之に関連する中央截面からの浮心の位置 l、竪柱形肥瘠係数 γ、及び竪方向の浮心の位置 h が剰余抵抗係数に及ぼす影響について検討してみよう。



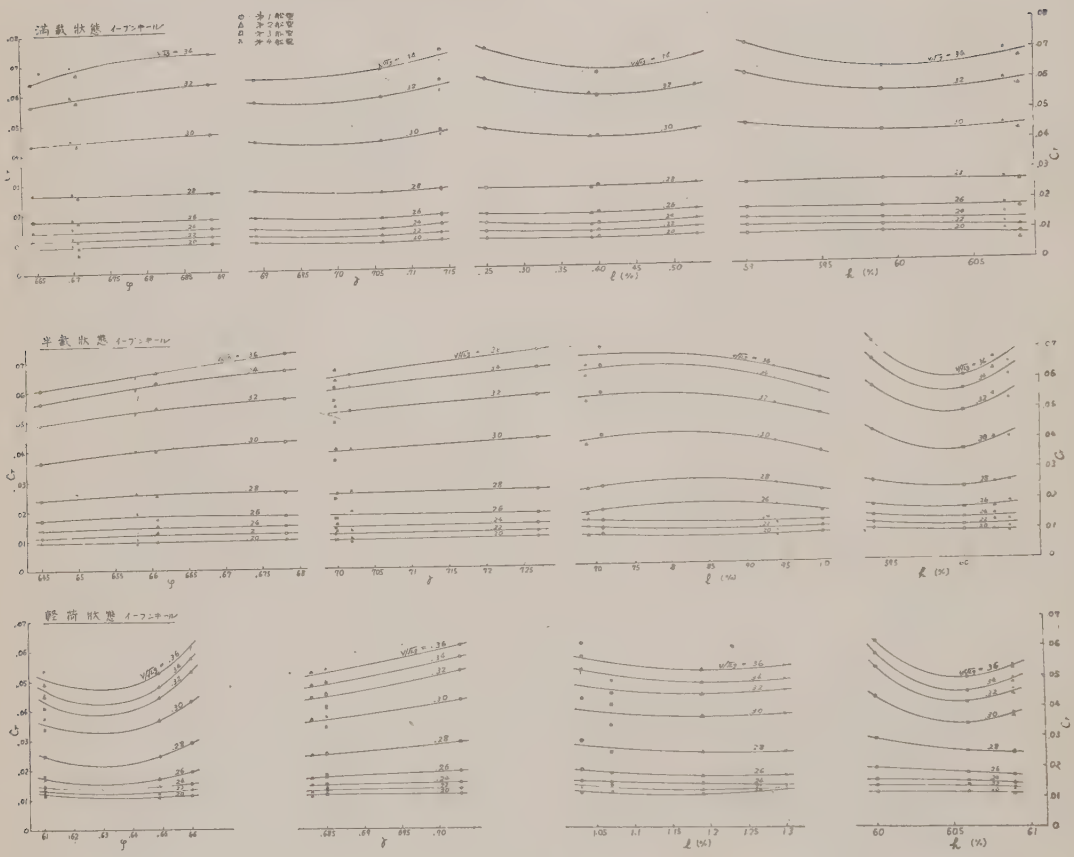
第 12 図

先づ、4船型の満載、半載及び軽荷状態についての柱形肥瘠曲線を比較して第12図を得た。φ, γ, l, h の値は第2表に示してある。次に各船型について、満載、半載及び軽荷状態イーブンキールの場合の φ, γ, l 及び h を基底とし、各 $V/\sqrt{Lg}$ について C_r の増減を交叉曲線に表はし第13図を得た。

これによれば柱形肥瘠係数 φ の変化が C_r に及ぼす影響としては、軽荷状態以外は φ が大きくなるに従ひ、C_r は高くなつている。軽荷状態では高いフルード数で $\varphi=0.635$ の附近が最低の C_r を与えている。又、竪柱形肥瘠係数 γ が増大すると何れの状態でも C_r は高くなつている。

長さ方向の浮心の位置 l の変化に依つては、C_r は概して緩慢な変化をしている。しかし満載及び軽荷状態の高い $V/\sqrt{Lg}$ に於ては、C_r が最低になる l の位置が存在する。又竪方向の浮心の位置 h の変化が C_r に及ぼす影響は比較的顕著で、C_r を最低ならしめる h の位置が明瞭に存在する。その位置は軽荷状態が $h=0.605$%、半載及び満載状態は $h=0.599$% である。そして、この変化の傾向は軽荷状態では特に著しい。

第2船型と第4船型は、ほゞ等しい柱形肥瘠曲線に基いて船型を決定している。従つて、満載状態では φ がほゞ等しく、又、h も大きい相違はない。依つて第4船型が第2船型よりも高い C_r を与える要素としては、l, γ 及び後半部の肋骨線形状が考へられる。そこで第14図に中央截面より後方



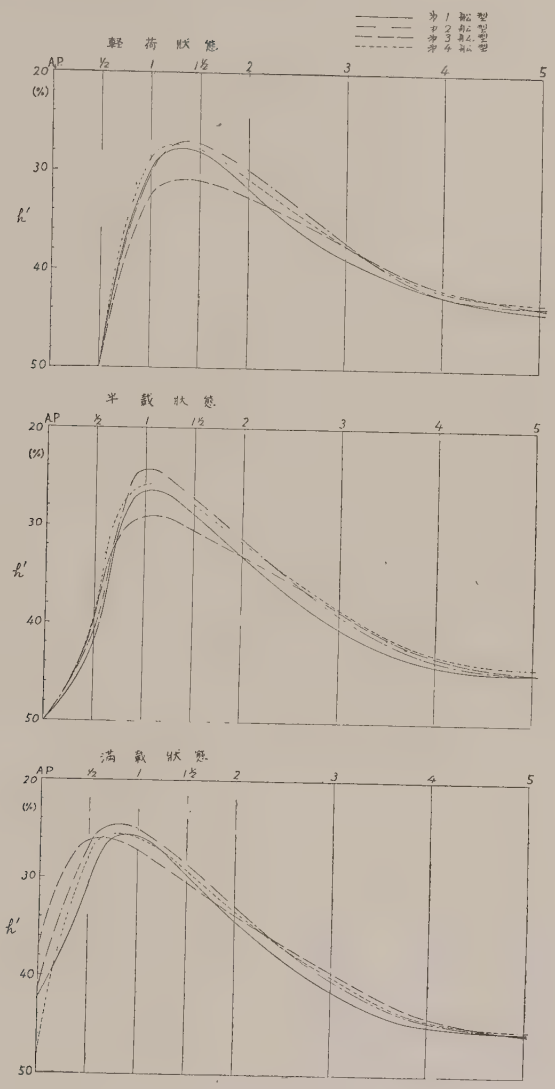
第 13 図

の肋骨線形状を、軽荷、半載及び満載状態に於ける各截面の面積の重心で表示してみた。尚、第1船型及び第3船型も同時に示し、比較した。図中の h' は水線面からの截面積の重心の位置を吃水に対する百分率で表はしている。

第2船型と第4船型の満載状態では、h' は可成大きい相違を示して居り、之が C_r に影響を及ぼす一つの要素と考えられる。

又、各船型相互の相違も大きく、特に艦部が著しい。依つて肋骨線形状が C_r に及ぼす影響は相当に大きく、特に艦部の形状が効いている様に推察される。但し、第1船型と第2船型の重心曲線は比較的類似している。之は肋骨線形状の類似に外ならず、之が同傾向の剰余抵抗係数曲線を示す一つの原因と思はれる。又、第3船型の剰余抵抗係数曲線が他の3船型と異つた傾向を示していることも、この重心曲線が他と最も傾向を異にしていることから首肯される。

以上で φ, h, l, h' 等が C_r に及ぼす影響についての簡単な考察を終る。



第 14 図

む す び

以上種々考察したが、この段階までの解析結果では、諸要素の個々の影響を明確に把握するまでに至つていない。しかし、これまでこの種の試験成績の発表されたものが少いので、今回の成績も今後の船型研究の方向に何らかの示唆を与えるものと思う。今後も、この様な機会を捕えて更に究明して行きたいと考へている。（小林）

研究担当者　大 津 義 徳
松 木 清 四 郎
小 林　　務

和船型木造漁船の撓みについて（第2報）

（小型漁船性能改善研究）

Deflection of Japanese Type Wooden Fishing Boat

(Research on the improvement of the characteristics of small fishing boat.)

概　　要

前号に報告した和船型木造漁船「あかつき」の撓みについて、鋼船に於て行はれている船体を単純梁に置換えての計算及び原田正道氏の片持梯子梁理論による計算を行い、この両者を実船の撓みと比較し、且つ構造物としての見掛の弾性係数を求めた結果次の事が判つた。

1. 洋型木船に対する片持梯子梁理論は釘孔変形係数の当否如何により剪断力による影響が過大に出るので、これを和船型木船に対し適用するためには更に充分な検討を要する。
2. 単純梁理論は構造物としての見掛の弾性係数を適当な値に選ぶことにより、撓みを予測出来るものと考えられる。

   見掛の弾性係数を16,000kg/cm² に仮定した単純梁理論による計算値は低荷重の場合には実測値と殆ど違はないが、高荷重に対しては実測値より低く出る。
3. 構造物としての見掛の弾性係数は1肋骨心距間については約18,050kg/cm² であるが、船全体として考えると約13,850kg/cm² と減少し、何れも材料自身の弾性係数の100,000 kg/cm² に比べ非常に小さな値を示している。

ABSTRACT

Ey virtue of the simple beam theory, usually adopted for the standard calculation of the steel ship, and the cantilever beam theory for the wooden boat by Dr. Harada, the authors calculated the theoretical deflection of the Japanese type fishing boat, "Akatsuki", reported in the previous issue. Comparing these results with the measured deflections in the previous experiment, they obtained the following conclusions.

1. As for the applicability of the cantilever beam theory, originally contrived for the construction of foreign type hull, to the Japanese type wooden boat, further investigation is required to get conclusions. The theoretical value seems to be too big owing to the shearing force, unless the appropriate values for the coefficient of the deformation of nail holes are given.

2. If a proper apparent Young's modulus is assumed for the wooden structure, it seems to be possible to estimate the deflection by the simple beam theory.

   Estimation with the assumed apparent Young's modulus of 16,000 kg/cm² gives correct values for the early stage of loading, but it gives smaller values for the higher loading.

3. The apparent Young's modulus of the wooden structure of the boat is about 18,050 kg/cm² for one frame space, but it decreases to about 13.850 kg/cm² for the

whole length of the boat. Either of these values is much smaller than the Young's modulus of the original material, 100,000 kg/cm².

【項 目】

まえがき
1. 片持梯子梁理論による撓み
2. 鋼船の構造理論による撓み
3. 1肋骨心距間に於ける撓み
4. 構造物としての見掛の弾性係数
むすび

まえがき

前号に報告した和船型木造実験船「あかつき」の撓みにつき、鋼船に於て行はれている構造理論及び原田正道氏の片持梯子梁理論による数値計算を行つたので、以下にその結果を報告する。

1. 片持梯子梁理論による撓み

本実験に用いた「あかつき」は和船型であるので、原田正道氏の洋型木船に対する片持梯子梁理論[1]を適用することは正鵠を失するのではないかと考えられるが、この理論を用いて算出した値は鋼船の構造理論による計算値及び実測せる撓みと如何なる関係にあるか、又果して和船型木船には適用出来ないものなのかを知るために行つた。

片持梯子梁理論によれば撓みは次式で与えられる。

第r番目の肋骨の船尾端に対する相対的な鉛直変化をδ_rとすると、

$$\delta_r = \sum_{s=1}^{r} (r-s+\tfrac{1}{2}) \frac{l^2}{EI_s} \left[M_s+\tfrac{1}{2}F_s l+\tfrac{1}{6}w_s l\right] + \sum_{s=1}^{r} \frac{l^3}{12EJ_s} \left[F_s+\tfrac{1}{2}w_s l\right]$$

但しこゝにlは肋骨心距、M_s, F_s, w_sは肋骨S番に於ける船体の屈曲モーメント曲線、剪断力曲線、荷重曲線から読んだ値であり、EI_s, EJ_sは肋骨S番に於ける木船の第1及び第2曲げ剛性であつて次のように定義される。

$$EA = \sum_{i=1}^{n} Ei\ Ai$$

$$EI = \sum_{i=1}^{n} (Ei\ Ii + Ei\ Ai\ hi^2)$$

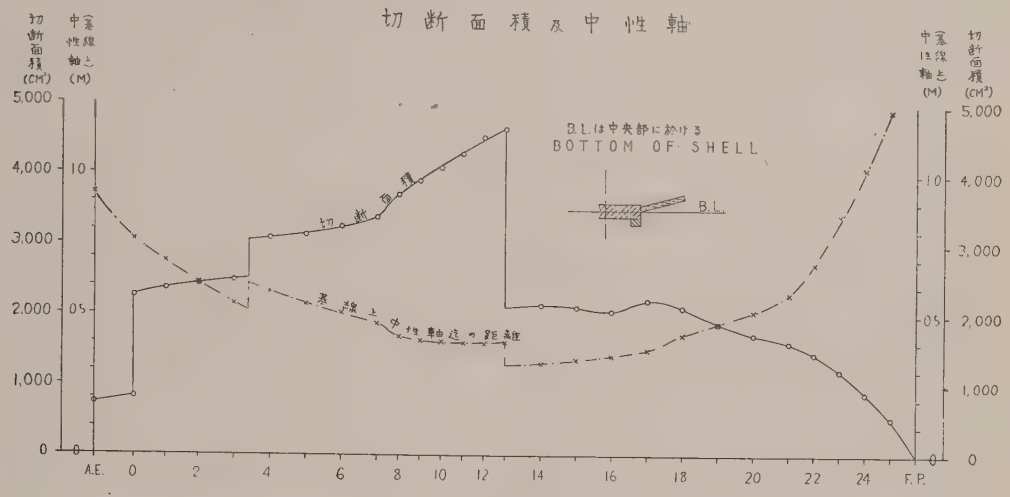
$$EJ = \sum_{i=1}^{n} Ei\ Ji$$

但し $Ji = Ii \frac{1}{1+\varepsilon i}$, $\varepsilon i = \frac{12Ei\ Ii}{l^2} \cdot \frac{\mu i}{Gi\ Ai}$ こゝに $\frac{Gi\ Ai}{\mu_1}$ は剪断力による梁の撓み[2]を表はす剛性である。

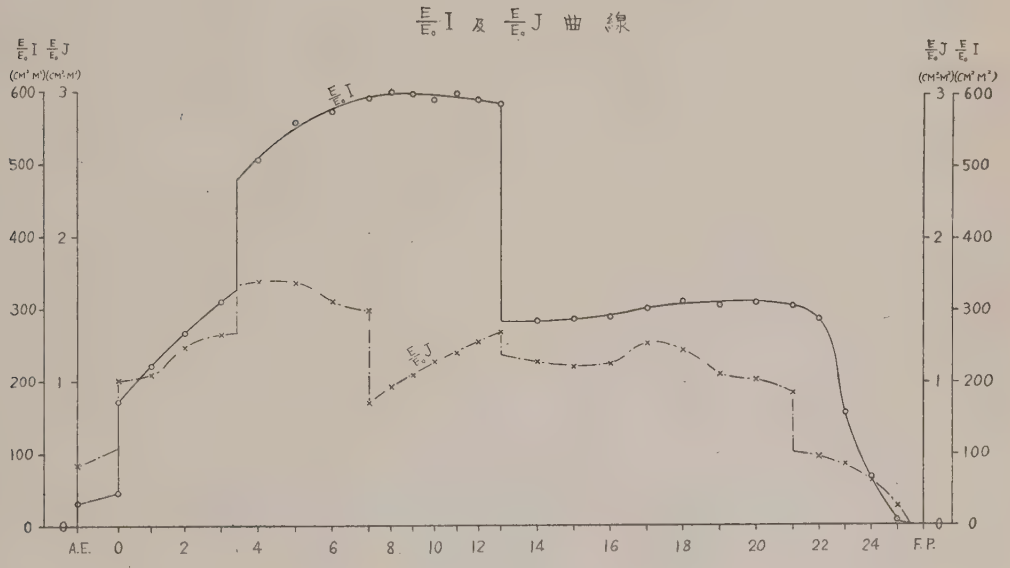
この中M_s, F_s, w_sは前号に於て求められているので各番肋骨について $\frac{E}{E_0}A$, $\frac{E}{E_0}I$, $\frac{E}{E_0}J$を求めると第1図及び第2図に示すようになる。前号に述べた鋼船の構造理論による撓みの算出に際しては構造部材の材種の相違、即ち弾性係数Eの相違による補正は行はなかつたのであるが、杉も

1) 原田正道、木船の縦強度、造船協会々報、第74号（昭和27年5月）

2) 剪断力Fによる梁の撓みは、$y = \frac{G.A}{\mu}\int F.dx$ で求められる。μは断面の形状によつて定まる常数で、矩形断面のときには$\mu \fallingdotseq 1.2$である。



第 1 図



第 2 図

欅も同じ弾性係数と云うことは不合理と考えられるので、今回は欅の弾性係数を杉の1.56倍（船舶工学便覧）にとり、外板材である杉に換算し凡ての値を求めた。又 $\frac{E}{E_0}J$ の計算に際しては、通常木材（柔材）に於ては E/G=12～20[1] であるが、各番肋骨につき μ の値を一定として $\frac{\mu E}{G}=20$ と仮定した。

木材の弾性係数 E は繊維方向により著しく異る。今繊維方向の弾性係数を E_x、柾目方向の弾性係数を E_y とすると、一般には

$$E_y=(6\sim10)\,\%\,E_x$$

1) 木材の弾性試験、造船協会雑纂、第166号（昭和11年1月）

と云つた数値が与えられている。よつてxy面内に於て軸よりrの角度をなす方向の弾性系数をE_rとし、弾性係数も強度と同様の関係にて変化するものと仮定するならば、次の関係式が成立する。

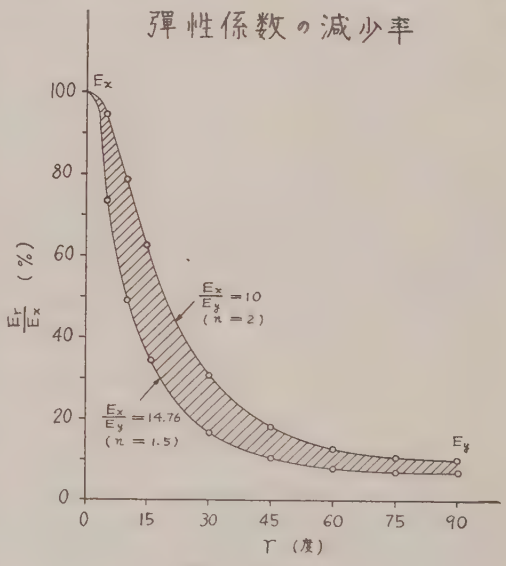
$r=0$　で　$E_r=E_x$

$r=\pi/2$ で　$E_r=E_y$

$$E_r=\frac{E_x\cdot E_y}{E_x\sin^n r+E_y\cos^n r}$$　但し　$n=1.5\sim2.0$

E_rをrを横軸として図示すると第3図のようになり、$r=0$で最大でそれよりr大となるにつれ急激に下り、繊維方向と15°傾けば弾性係数は½以下になる。

実船の場合、船体を構成する木材の繊維方向は必ずしも船長方向に対し平行ではなく、種々の角度のものが存在し得る。また節等の存在や各部材接手等の効率等も考慮せねばならぬとすれば、構造物としての見掛の弾性係数は杉材自体の弾性係数（繊維方向）100,000kg/cm² よりも相当に低く見積らねばならぬことが考えられる。船舶工学便覧では此の数値を16,000kg/cm²（即ち原値の16%）と与えているが、これは上述の計算に於て角度30°の場合の最低値に相当する。結果的に見れば木材の繊維方向の平均値を30°と看做したことになる。この仮定の当否は船体の構造様式により必ずしも一概に断定出来ない訳であるが、本計算では一応この16,000kg/cm²を採用して計算を進めることにした。



第3図

上記の値を用い、船の全長に亘つて撓みを計算し、肋骨4番—21番間（支点間）につき求めると第4図Cに示すようになる。この数値を実船の撓みと比較すると第1表に示すように非常に小さく実船の約½に出る。実測せる撓みに等しくするためには見掛の弾性係数は平均値で8,354kg/cm² となり当初仮定した構造物としての見掛の弾性係数16,000kg/cm² の約½で、杉材自身の弾性係数（繊維方向）の100,000kg/cm² の1/12.12となり、又後述の鋼船の構造理論より算出せる見掛の弾性係数の1/1.66である。

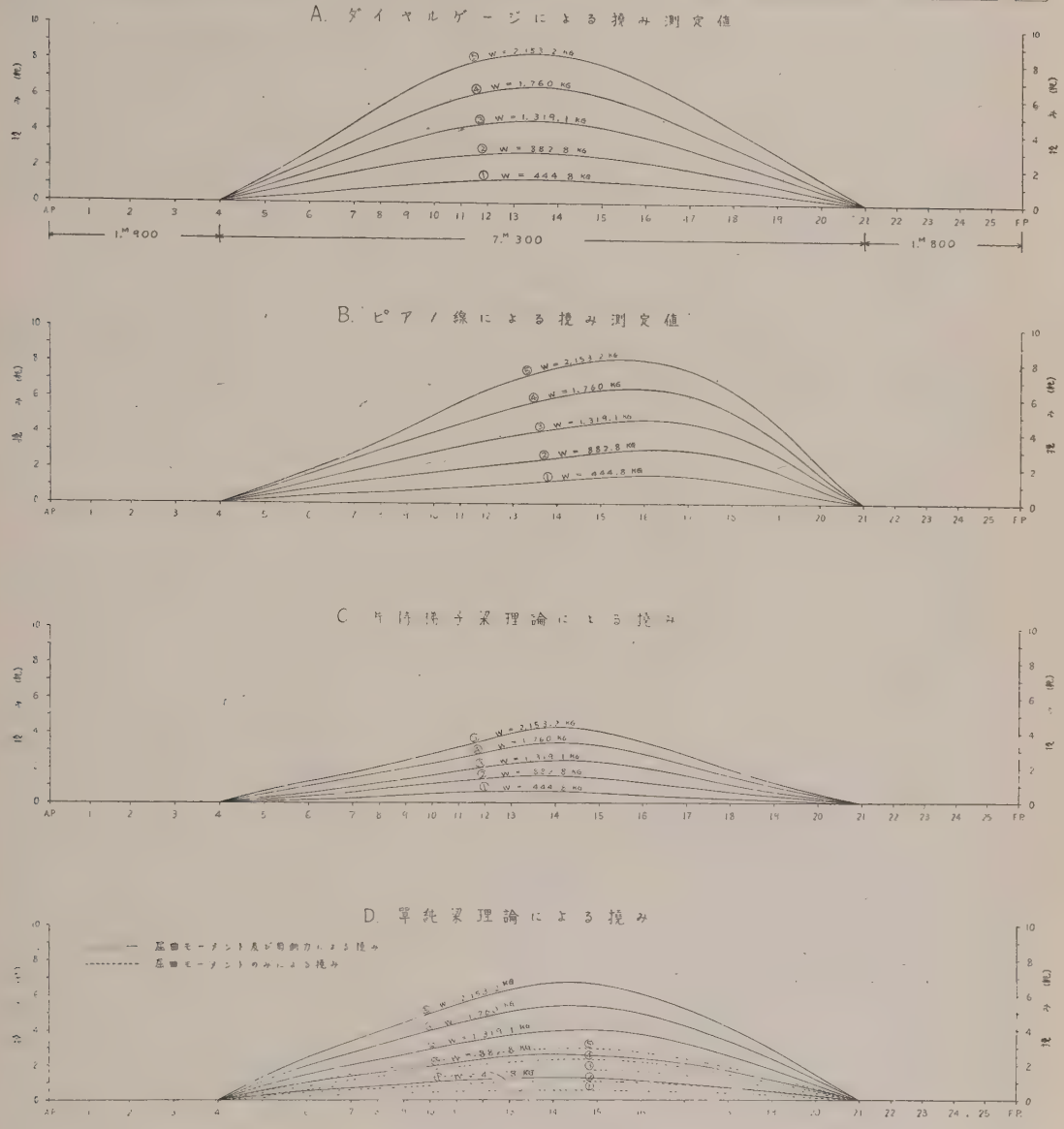
本計算に於て撓みが非常に小さく出るのは釘及び釘孔の変形が撓みに及ぼす影響を無視しているためと考えられるので、この影響を考慮すると撓みは近似的に次式にて表はされる。

$$\delta_r=\sum_{s=1}^{r}(r-s+\tfrac{1}{2})\frac{l^2}{E_s}\left[M_s+\tfrac{1}{2}F_s l+\tfrac{1}{6}w_s l^2\right]+\sum_{s=1}^{r}(1+12\mu_3)\frac{l^3}{12EJ}\left[F_s+\tfrac{1}{2}w_s l\right]$$

こゝにμ_3は釘及び釘孔変形係数であつて撓みは釘及び釘孔の変形を考慮しなかつた場合に比し第2項が（$1+12\mu_3$）倍になる。

μ_3の値は原田氏の洋型木船についての計算では各部材によつて異り、梁圧材で1.75、船側縦通材で2.41、外板で5.50、外部腰板及び彎曲部縦通材で5.68であるので、この中で最も数の多い外板の値を考慮して、仮に全部の縦強度材のμ_3が5という値であるとして、一例として最大搭載重量に対する計算を行うと $E_s\delta=1,940$kg−m/cm² となり、実測せる撓みの8.57mmを用いE。を求めると226,200kg/cm² と杉材自身の弾性係数（繊維方向）の100,000kg/cm² の2倍以上になる。

構造物としての見掛の弾性係数が材料自身の弾性係数の2倍以上になるとは考えられないので、これは上記の計算に用いた釘孔変形係数μ_3の値が妥当でなかつたためと考えられるので、撓みか



第 4 図

第 1 表　片持梯子梁理論による肋骨 4 番—21番間の撓み

番号	搭載重量	片持梯子梁理論			ダイヤルゲージによる実測値	
		位置	撓み	見掛のE	位置	撓み
	kg		m.m	kg/cm²		m.m
1	444.8	F 13⅜	0.69	8,060	F 13⅜	1.37
2	882.8	F 13⅛	1.62	8,815	F 13⅜	2.94
3	1,319.1	F 14⅜	2.48	8,370	F 13⅜	4.76
4	1,760.0	F 14⅛	3.50	8,400	F 13⅜	6.67
5	2,153.2	F 14⅛	4.35	8,125	F 13⅜	8.57
			平均	8,354		

ら逆に見掛の釘孔変形係数μ_3を求めて見て、これが木船の船型とか構造法及び工作法とかとどのような関係があるかを調べる必要があるものと考えられるが、今回はそこまでの計算を行はなかつた。

又本実験船の如く和船型木船であつて、洋型木船と異り幅広く首尾に亘り縦通している外板で、肋骨間に於て外板同志が落し釘によつて縫合されている構造では屈曲モーメント及び剪断力の撓みに及ぼす影響も洋型木船とは当然異つて来るので、洋型木船に対する片持梯子梁理論をそのまゝ和船型木船に適用してよいかと云うことも更に検討を要する問題と考えられる。

2. 鋼船の構造理論による撓み

前号に一部の計算結果を述べてはあるが、更に片持梯子梁理論と比較するため、今回は構造部材の材種の相違による補正を行つた撓みを算出して見た。

屈曲モーメントによる撓みy_bは、

$$y_b=\frac{1}{E}\int\int\frac{M}{I}dx^2+c_1x+c_2$$

こゝにMは屈曲モーメント、Iは断面の慣性モーメント、Eは構造物としての見掛の弾性係数であるから前号と同様にM/Iの曲線を作り、之を2回積分して求めた。

次に剪断力による撓みy_sは前号に於ては船体中央部に於ける値のみを Dahlmann の近似式、$y_s=\frac{Mmax}{2.G.d.\delta}$を用い求めたのであるが、今回は次式により船の全長に亘つて求めた。

$$y_s=\int\frac{\mu.F}{G.A}dx$$

こゝにFは剪断力、$\frac{G.A}{\mu}$は剪断力による梁の撓みを表はす剛性で、Gは横弾性係数、Aは横断面積、μは断面の形状によつて異る1より大なる数値で、例えば短形断面では1.2である。

この式に於て剪応力は横断面の鉛直部材のみに一様に分布して水平材には一切存在しない、又片持梯子梁理論と同じく$\frac{\mu E}{G}=20$と仮定して計算を行つた。

構造物としての見掛の弾性係数も片持梯子梁理論と等しく16,000kg/cm²にとり、上記の計算による両者の合計を求めると第4図Dに示すようになる。図中点線にて表はされる部分が屈曲モーメントのみによる撓みで、残りが剪断力による撓みである。この両者の値を比較して見ると第2表に示す如く剪断力による撓みは屈曲モートメントによる撓みの約1.33倍であり、この値は前述の如き仮定を行つているので幾分大き目に出ているのではあるが、それにしても通常鋼船に於て云はれて

第 2 表　肋骨4番—21番間に於ける単純梁理論の屈曲モーメント及び剪断力による最大撓みの比較

番号	搭載重量	屈曲モーメントによる撓み y_b	剪断力による撓み y_s	全撓み $y=y_b+y_s$	$\frac{y_s}{y_b}$
	kg	m.m	m.m	m.m	
1	444.8	0.58	0.75	1.33	1.292
2	882.8	1.08	1.56	2.64	1.444
3	1,319.1	1.74	2.28	4.02	1.310
4	1,760.0	2.37	3.11	5.48	1.311
5	2,153.2	2.98	3.83	6.81	1.284
				平　均	1,328

いる値の20%とは雲泥の相違である。この相違は何処から生ずるかと考えるに、剪断力を求める式に於てμは断面の形状によつて定まる常数であるから鋼船も木船も同様であるので、Gの相違、即ち鋼材に於てはE/G=2.47～2.59であるのに対し木材ではE/G=12～20であるので此の相違が表はれてくるものと考えらるる。従つて現在の如く外板を船長方向に平行に張つている木船の構造では避けることが出来ない問題と考えられる。

第3表　鋼船の構造理論による肋骨4番—21番間の撓み

番号	搭載重量	単純梁理論			ダイヤルゲージによる実測値		ピアノ線による実測値	
		位置	撓み	見掛のE	位置	撓み	位置	撓み
	kg		m.m	kg/m²		m.m		m.m
1	444.8	F 14	1.33	15,530	F 13⅜	1.37	F 16½	1.66
2	882.8	F 14	2 64	14,360	F 13⅜	2.94	F 16½	3.17
3	1,319.1	F 14½	4.02	13,510	F 13⅜	4.76	F 16	4.75
4	1,760.0	F 14½	5.48	13,140	F 13⅜	6.67	F 15⅜	6.62
5	2,153.2	E 14½	6.81	12,710	F 13⅜	8.57	F 15⅜	8.33
		平均		13,850				

本計算から求めた撓みを実測せるものと比較すると第3表の如くなり、特に低荷重の部分では実測値に近い値を示している。又撓みの実測値より逆算した構造物としての見掛の弾性係数は荷重の増加に伴つて減少し、平均値では13,850kg/cm²となり、当初仮定した構造物としての見掛の弾性係数16,000kg/cm²の1/1.155であるので、当初の仮定は比較的妥当な値だつたと考えられる。然し杉材自身の弾性係数100,000kg/cm²と比べると1/7.22と非常に小さな値を示している。

次に部材の材種の相違による弾性係数の補正を行つたものと、行はぬものとを比較すると第4表に示すように補正を行はぬもの丶方が10%内外（平均にて9.4%）大きな値を示している。

各搭載重量に対する理論計算及び実測による最大撓みを第5図に示すが、曲線の傾向としては鋼船の構造理論によるもの丶方が、片持梯子梁理論によるものより実測値に近くなつている。

第4表　材料の相違によるEの補正を行つたものと行はぬもの丶比較

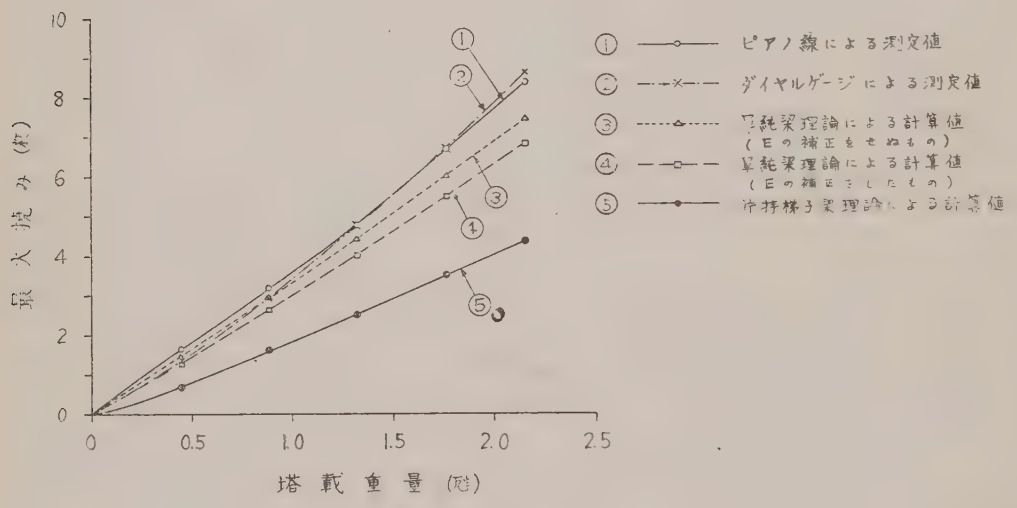
番号	搭載重量	a. Eの補正をしたもの		b. Eの補正をしないもの		比率
		撓み	見掛のE	撓み	見掛のE	b/a
	kg	m.m	kg/cm²	m.m	kg/cm²	
1	444.8	1.33	15,530	1.46	17,050	1,065
2	882.8	2.64	14,360	2.95	16,050	1,130
3	1,319.1	4.02	13,510	4.40	14,780	1,116
4	1,760.0	5.48	13,140	6.00	14,390	1,082
5	2,153.2	6.81	12,710	7.40	13,880	1,079
		平均	13,850		15,230	1,094

3. 1肋骨心距間に於ける撓み

肋骨14番～15番間は略船体中央部にあり、此の間には部材の接手もなく、又構造部材も縦壁を除き敷、外板、防舷材、梁圧材、梁受板と首尾に亘つて縦通しているものにて構成されているので、

理論計算と実測値とを比較するには好都合と考えられる。

肋骨14番—15番間に於ては第1図及び第2図に示すように切断面積も曲げ剛性も殆ど変化がないので、之を単純梁と考えると肋骨15番の肋骨.4番に対する相対変位は次式で与えられる。



第 5 図

$$\delta = \frac{1}{E}\int\int \frac{M}{I}\,dx^2 + \frac{\mu}{G.A}\int F\,dx$$

この式に於て今迄の計算と同様に構造物としての見掛の弾性係数を16,000kg/cm²に，$\frac{\mu E}{G}$ を20と仮定して計算を行うと第5表に示すように、部材の材種の相違による弾性係数の補正を行つたものも、行はぬものも何れもダイヤルゲージによる実測値より大きく出る。従つて撓みの実測値から逆に見掛の弾性系数を求めると同表に示す如く夫々18,050kg/cm² 及び21,434kg/cm² となり、当初仮定した見掛の弾性係数16,000kg/cm² の1.13倍及び1.28倍となる。これは当初の仮定が繊維の方向と共に節，接手等を考慮に入れた値であるのに対し、此の間に於ては部材の接手もなく、又剪断力も比較的小さく釘及び釘孔の変形も少いためと考えられる。然し杉材自身の弾性係数と比べると夫々1/5.54及び1/4.63と非常に小さな値になつている。又部材の材種の相違による弾性係数

第 5 表　1 肋骨心距間の撓み

番号	搭載重量	単純梁理論 Eの補正をしたもの 撓み	単純梁理論 Eの補正をしたもの 見掛のE	単純梁理論 Eの補正をしないもの 撓み	単純梁理論 Eの補正をしないもの 見掛のE	片持梯子梁理論 撓み	片持梯子梁理論 見掛のE	ダイヤルゲージによる実測値 撓み
	kg	m.m	kg/cm²	m.m	kg/cm²	m.m	kg/cm²	m.m
1	444.8	0.190	22,190	0.207	24,000	0.145	16,940	0.137
2	882.8	0.295	17,490	0.355	21,040	0.438	25,920	0.270
3	1,319.1	0.335	16,800	0.427	21,410	0.360	18,070	0.319
4	1,760.0	0.462	15,360	0.597	19,850	0.584	19,430	0.481
5	2,153.2	0.646	18,410	0.741	21,120	0.631	18,840	0.561
		平均	18,050		21,484		19,840	

の補正をした場合と、しない場合では補正をしない方が平均にて1.19倍大きくなつている。

次に片持梯子梁理論によれば肋骨15番の肋骨14番に対する相対変位は、

$$\delta=\frac{l^2}{2EI}\left[M+\frac{1}{2}Fl+\frac{1}{6}wl^2\right]+\frac{l^3}{12EJ}\left[F+\frac{1}{2}wl\right]$$

で与えられるから、この式を用い計算すると第5表に示すようにやはり実測値より大きくなり、逆に実測値より見掛の弾性係数を求めると平均値にて19,840kg/cm² と当初仮定した値の16,000kg/cm² の1.24倍になるが、杉材自身の弾性係数と比べると1/5.04とやはり非常に小さくなる。

片持梯子梁理論による撓み計算の結果を見ると、撓みは必ずしも搭載重量に比例せず、搭載重量832.8kgの時の撓みが0.438mmなのに搭載重量1,319.1kgの時が0.360mmと逆に小さく出ている。これは第6表に示すように重量の搭載位置の関係で搭載重量832.8kgの時の剪断力が459kgであるのに対し、搭載重量1,319.1kgの時の剪断力は295kgと逆に減少しているためと考えられる。

然し実測値及び単純梁理論に於ては撓みは搭載重量の増加に従つて増大して行つているので、片持梯子梁理論に於ては剪断力Fによる撓みが屈曲モーメントMによる撓みに比し過大に、換言すれば撓みを求める式の第2項が過大な値を与えるものと考えられる。第6表に示す如く単純梁理論では屈曲モーメントによる撓みは剪断力による撓みに比し遙に大であるが、片持梯子梁理論に於ては剪断力による撓みの方が屈曲モーメントによる撓みより遙に大であつて、屈曲モーメントによる撓みと剪断力による撓みの比率は両理論では丁度逆の値を示している。

第6表　1肋骨心距間の撓み計算

番号	搭載重量	M	F	単純梁理論（Eの補正をしたもの）			片持梯子梁理論		
				① $\frac{1}{E}\int\int\frac{M}{I}dx^2$	② $\frac{\mu}{GA}\int Fdx$	①+② 撓み	③ $\frac{l^2}{2EI}\left[M+\frac{1}{2}Fl+\frac{1}{6}wl^2\right]$	④ $\frac{l^3}{12EJ}\left[F+\frac{1}{2}wl\right]$	③+④ 撓み
	kg	kg-m	kg	m.m	m.m	m.m	m.m	m.m	m.m
1	444.8	616	216	0.131	0.059	0.190	0.018	0.127	0.145
2	882.8	1,304	459	0.237	0.058	0.295	0.040	0.398	0.438
3	1,319.1	2,032	295	0.312	0.023	0.335	0.058	0.302	0.360
4	1,760.0	2,792	525	0.412	0.050	0.462	0.081	0.503	0.584
5	2,153.2	3,384	572	0.600	0.046	0.646	0.098	0.563	0.661

両理論による計算値及び実測値の各搭載重量に対する関係を第6図に示すが、単純梁としての計算値は片持梯子梁理論による計算値よりずつと実測値に近い曲線になつている。

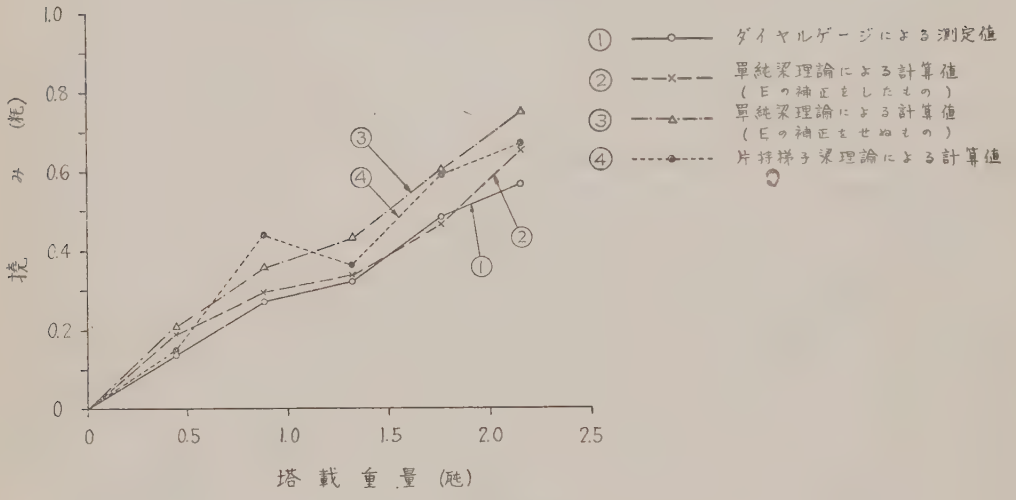
4. 構造物としての見掛の弾性係数

1肋骨心距間に於ける撓みより構造物としての見掛の弾性係数を求めると第7表に示すように、単純梁理論にては18,050kg/cm²、片持梯子梁理論にては19,840kg/cm² と、撓みの算出方式は非常に異つているにも拘らず両者は結果的には似通つた値になつている。

これは前にも述べた如く、肋骨14番—15番の部分は船体の略中央部にあるため、剪断力は比較的小さく、従つて肋骨に加はる曲げモーメントも小さく肋骨は彎曲を起さず、固着釘に加はる力も小さいため固着部は交角の変化も位置の辷りも生じない。又この部分の構成部材は殆ど首尾に亘つて縦通しているものであり、且つこの1肋骨心亘の間に於ては部材の接手もない。此等の理由により単純梁理論と片持梯子梁理論による計算結果が比較的近似したものと考えられる。

両理論により求めた見掛の弾性係数は当初仮定した見掛の弾性係数16,000kg/cm² より夫々1.13倍及び1.24倍大きく出ているが、この16,000kg/cm² と云う値は最初に述べたように木材の繊維

1肋骨心距間に於ける搭載重量一撓み曲線



第 6 図

第 7 表　構造物としての見掛の弾性係数 (kg/cm²)

番号	搭載重量	1肋骨心距間			肋骨4番—21番間		
		單純梁理論		片持梯子梁理論	單純梁理論		片持梯子梁理論
		Eの補正をしないもの	Eの補正をしたもの		Eの補正をしないもの	Eの補正をしたもの	
	kg						
1	444.8	24,000	22,190	16,940	17,050	15,530	8,060
2	882.8	21,040	17,490	25,920	16,050	14,360	8,815
3	1,319.1	21,410	16,800	18 070	14 780	13 510	8,370
4	1,760.0	19,850	15,360	19 430	14,390	13,140	8,400
5	2,153.2	21 120	18,410	18,840	13,880	12.710	8,125
平均		21,484	18,050	19.840	15,230	13,850	8,354
杉材自身のEとの比		1/4.66	1/5.54	1/5 04	1/6.57	1/7.22	1/12.12

方向の不均一、節、接手等の欠点を考慮して仮定した値であるので、これを杉材自身の弾性係数 100,000kg/cm² と比較すると夫々 1/5.54 及び 1/5.04 と非常に小さい値を示す。

次に肋骨4番—21番間に於ける撓みより構造物としての見掛の弾性係数を求めると、鋼船の構造理論より算出せるもの 13,850kg/cm² 片持梯子梁理論によるもの 8,354kg/cm² となり、当初仮定した値の 16,000kg/cm² の 1/1.155 及び 1/1.915 で、杉材自身の弾性係数 100,000kg/cm² の 1/7.22 及び 1/12.12 と両者は相当異つた値を示してはいるものゝ、何れも極めて低い値となつている。

この両者の差異は何処から生ずるものかを考えて見る。釘及び釘孔変形による撓みの増大は片持梯子梁理論、鋼船の構造理論何れの場合にも起るべきものではあるが、特に片持梯子梁理論はこの影響を考慮に入れて撓みを算出するよう式を導いてあるのに、釘及び釘孔変形係数が未知のためこの影響を無視していることにより両者の差異が表はれるのか、又は構造様式の著るしく異る和船型木船に対し洋型木船の片持梯子梁理論をそのまゝ適用したために起るものなのか、充分検討を要す

る問題で今後の研究に俟たねばならない。

鋼船の構造理論より算出された構造物としての見掛の弾性係数を見ると、1肋骨心距間に於ては18,050kg/cm² と杉材自身の弾性係数の1/5.54のものが、肋骨4番—21番間、即ち船全体としては13,850kg/cm² と杉材自身の弾性係数の1/7.22に、又1肋骨心距間に於けるものゝ77%に減少している。この差異は釘及び釘孔の変形，接手の不完全及び材料の欠点等に起因するものと思はれる。

従つてこの実験を更に数多くの船について行えば、或る程度構造物としての見掛の弾性係数、釘及び釘孔の変形が撓みに及ぼす影響等を知ることが出来るものと考えられる。

むすび

本実験及び計算は和船型木船中の1隻に対してのみ行はれたものではあり、且つどの部材がどのように縦強力に寄与しているかも不明なので、今直ちに結論づけることは不可能であるが、鋼船に於て行はれている船体を単純梁に置換えて行つた計算でも構造物としての見掛の弾性係数を実験的に求めて置くことにより、或る程度縦強度について論ずることが可能と考えられる。

従つて今後更に数多くの船につき、見掛の弾性係数、釘及び釘孔変形係数、及びこれらの値の年数の経過に伴う低下率等を求めるべく準備中である。（和田）

研究担当者　大津義徳
和田正三

神鷹丸の舵軸捩力率の試験に就いて

Rudder Torque Measurements of The Trawler "Shin-yo-maru"

概　　要

昭和28年6月26日及27日の両日にわたつて水産大学のトロール漁船神鷹丸(35.5m×7.0m×3.7m—236^{GT}) の舵の試験を行つたのであるが、その結果は次の通りである。

(1) 舵軸捩力率は先が所定の舵角に達する時近て最大値を示しそれ以後は減少して或る漸近値に落付く。

(2) 舵軸捩力率係数の全測定値の平均は治と赤崎氏の実験式による計算値に等しく、測定値の標準偏差は此の計算値の0.555であつた。

(3) 後進の場合の試験は成功しなかつたが計算による予想値の2倍以上の値を記録して居る。

尚今後研究すべき問題は次の通りである。

(1) 後進の場合の完全な試験を行い、実験式の用い方を検討する必要がある。

(2) 太い舵柱と非平衡舵を有する木造漁船の場合を検討する必要がある。

(3) 将来は実験室内で舵と船体との関係を究明すると共に、他方波浪中を航海する実船の記録を集めることが出来れば更に有益であろう。

ABSTRACT

The paper describes the results of a rudder test of the "Shin-yo-maru" (35.5m ×7.0m×3.7m, 236 ^{GT}), trawler of the Tokyo University of Fisheries, carried out in Tokyo Bay, June 26 and 27, 1953.

(1) The twisting moment of rudder head generally reaches the maximum value at an instant close to the time when the steering motion of rudder has been stopped at a certain helm angle and after that, it decreases monotonously to an asymptotic value.

(2) The mean value of all the actually measured rudder torque coefficients is nearly equal to the estimated value by Dr. Akazaki's experimental equation and the statistical standard deviation from this mean value is 0.555.

(2) Tests while running astern were not satisfactory. Its maximum torque was bigger than twice the calculated value.

The problems left to be solved are as follows:

(1) It is necessary to carry out complete tests while running astern and to examine how to apply the experimental equation.

(2) The investigation in case of a wooden fishing boat which has a large rudder post in front of an unbalanced rudder, is necessary.

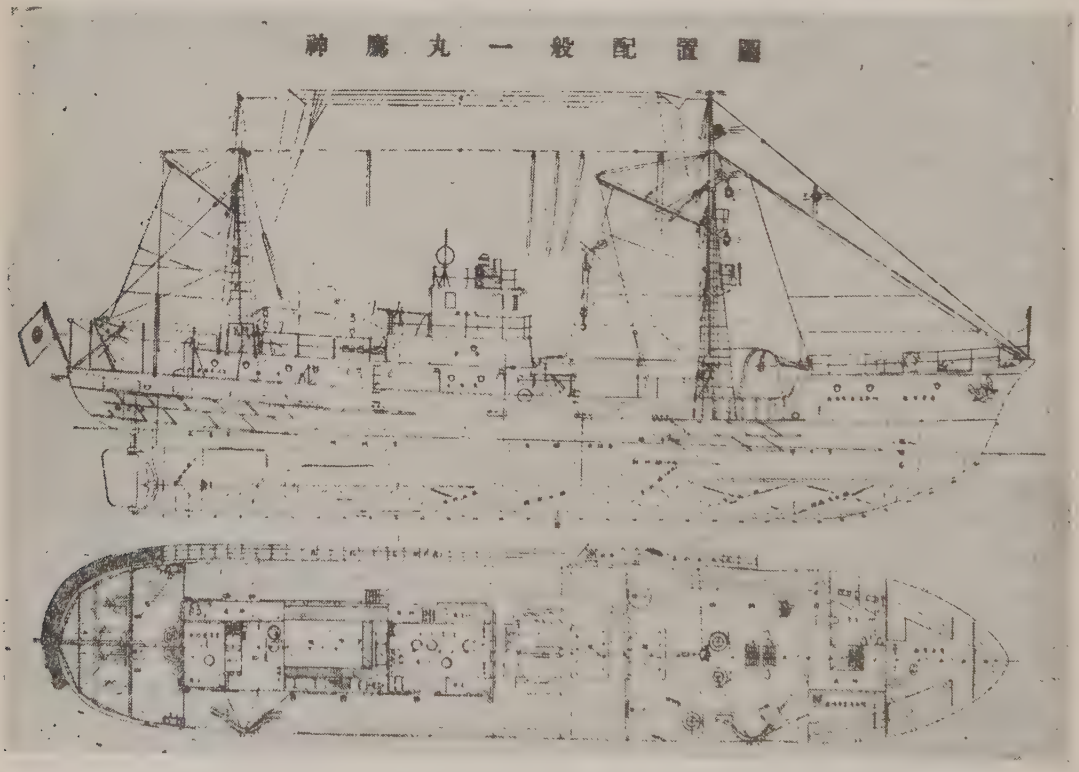
(3) It must be indispensable to study hydrodynamical relation between rudder and hull in the laboratory, but it will be expedient to analyse actual records of fishing boats running through rough sea.

【項　　目】

まえがき
1. 舵及操舵系統
2. 計測要領
3. 試験方法
4. 経過
5. 試験成績
むすび

まえがき

漁船協会の依頼により水産大学の練習漁船神鷹丸の舵の揚力率を計測する機会を得たので従来の実験式との関係について此処に報告する。神鷹丸の主要目は第1表及第1図の通りである。



第1図

1. 舵及操舵系統

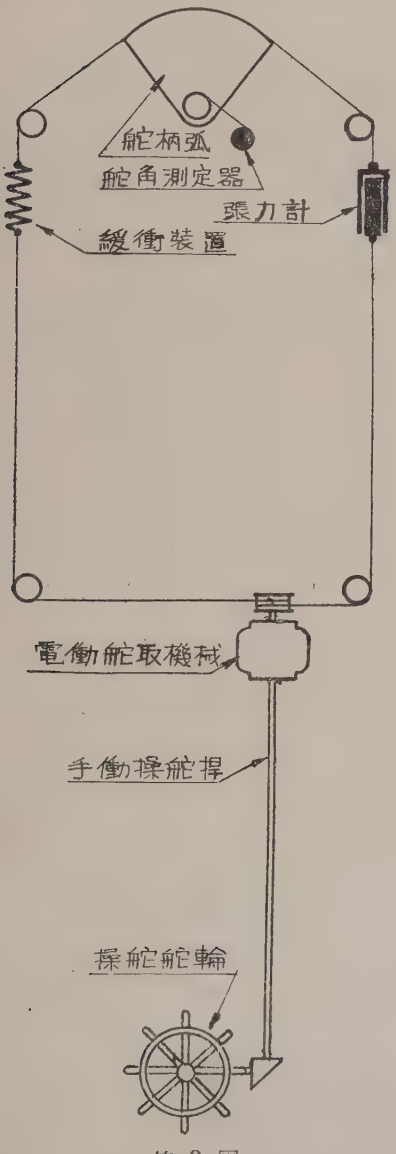
神鷹丸の舵は第2図の様な平衡舵であつて舵軸前後の面積比は1/3.86で、推進器軸延長線の上下の面積比は1.74である。舵軸の位置は舵の巾の平均値を弦長とする水平断面の前縁から約20％の処にあり、その断面の形状は最大厚率が11.4％なる対称翼型である。此の形状の舵の特性に関しては目下の処当研究室に計測設備がないので実験的結果を求めることが出来ないが、平衡部分の面積が稍小さいので、大舵角に操舵した時、比較的大きな保舵力を必要とし、又推進軸上下の面積比が大きいので、旋回性能が左右舷で非対称になる傾向があるのではないかと思はれる。

舵取機械は富士電機製の電動操舵機で操舵室の舵輪の操作によつて舵取電動機の回路を閉ぢ、追及装置によつて此れを開く機構のもので、他方直接手動操舵にも切換へられるようになつている。

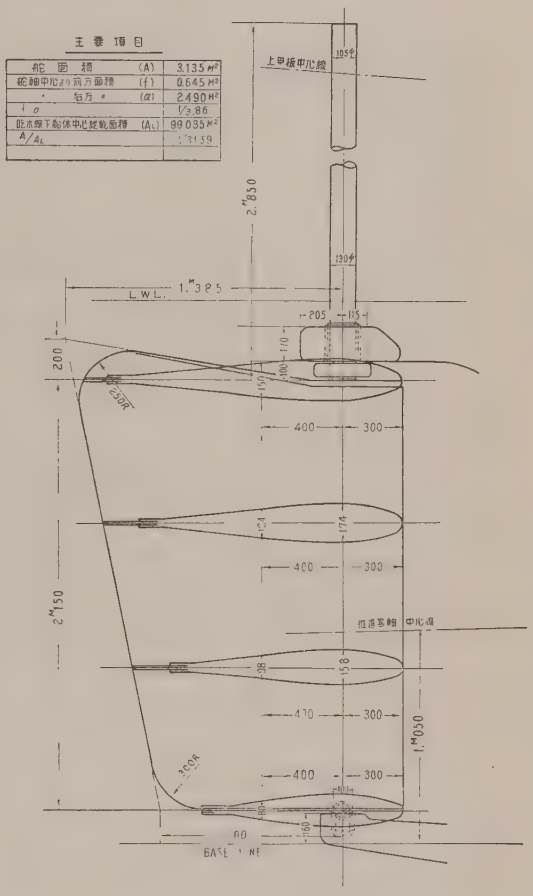
但し此の舵取機械は機構上最大舵角が30°を僅に超える程度に制限してある為に、今回は一般漁船に於けるように35°乃至45°の角度まで試験を行うことは出来なかつた。

2. 計測要領

舵頭軸の捩力率の計測方法は、今回は準備期間の都合で舵索の緩衝器の部分に、先に当研究室で試作した張力計（魚量計*を利用）を



第 3 図



第 2 図

第3図の様に挿入し、張力の変化を自記電流計により記録する方法をとつた。

舵角は運研式の摺動抵抗をポテンショメーターとして用い別の自記電流計に記録せしめた。

速力は本船の機械室船底にピトー管が装備されていたので此れを水銀のU字管に接続し、一定の信号により写真撮影を行い、その変動を記録する方法を用いた。ピトー管の取付位置は船体中央部より後方5.5米の龍骨の右舷側である。尚針路及主機関回転数の整定時の速力の検定には流木試験を同時に行つた。

その他風速風向、機関回転数、操舵時間の計測は従来通りの方法により、旋回圏の測程には測角盤による方法と計測速力の積分法とを併用した。

* 註：漁船研究技報第3号139頁

3. 試 驗 方 法

張力計が1個しかない為に片舷宛2日に別け、第1日は船、第2日は舵の各試驗を夫々対応する時刻及状態を選んで行うことにした。

試驗は2種に類せる各舵角に於ける[illegible]、之を舵角、[illegible]9°[illegible]計[illegible]行うことを以て普通と称し、[illegible]中心計測を行う試驗を旋回試驗と仮称し、此の際旋回軌跡をも測程することにした。

個々の試驗要領は次の通りである。即ち船の針路及機関の回転数が整定した後、[illegible]木による整定速力を計測し、操舵発令の時から操舵時間を計り且つ一定の回頭角に達す[illegible]に[illegible]に[illegible]、[illegible]舵[illegible]、舵[illegible]の[illegible]を計[illegible]ことにした。

4. 經　　過

[illegible]和28年6月25日[illegible]27日の両日にわたり[illegible]海[illegible]沖で、夫々前[illegible]の要領に[illegible]て試驗を行つた。両日の[illegible]及び[illegible]試驗状態は第2表の通りである。[illegible]両日[illegible]試驗[illegible]は略[illegible]同じ状態であつたので、両者の成績を比較するのに極めて好都合である。両日の試[illegible]運転時間[illegible]は3表及び4表の通りである。

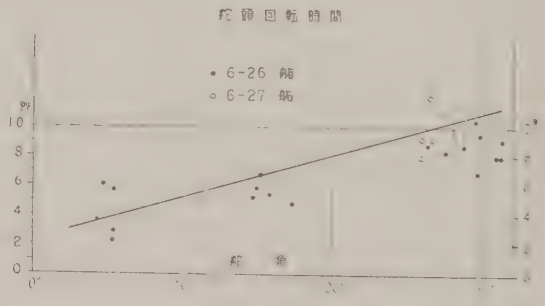
両日共午前中を操舵試驗とし、午後を旋回試驗とした。

然し乍ら第1日の後進試驗に於いて主機関が不具合であつたので、[illegible]試驗を行うことが出来なかつた。それで後進の際に出来るだけ短時間内に舵角の限[illegible]を計ることにして、他の計測は断念せざるを得なかつた次第である。

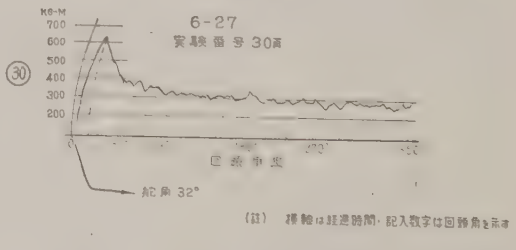
5. 試 驗 成 績

今回の試驗では舵輪の操作に当つては、常に舵取電動機の追尾速度よりも速く舵輪を操作して所定の舵角にとつた為に、舵頭軸の回転時間の計測値は舵取機械による回転速度を表し、それは第4図の通りである。此れによると舵が30°回転するまでの所要時間は平均10.4秒となつている。但し船長の発令の瞬間から時間を計つているので、実際の始動の時機は必しも0秒に一致せず、機構的な遅れと操舵手の個人差が当然介入している。

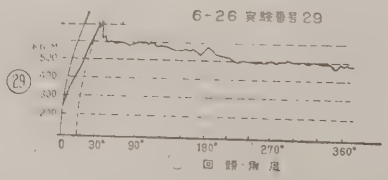
舵軸の振力率の変化の模様を表はす記録の一例は第5図の通りで、他の記録の模様も略同様の傾向を示している。此れを見ると振力率の最大の尖頭値は舵が所定の舵角に達する瞬間の附近に見られ、それ以後は単調に減少して、或る漸近値に近附くが、その間衝撃的な尖頭値で異常なものは観測し得なかつた。此れは実験の最大舵角が30°に制限されている為にかかる現象が発生しなかつたものか、計測器に至るまでの系の減衰作用により観測出来なかつたものかは判然としない。漁船では



第 4 図



(註)　横軸は経過時間・記入数字は回頭角を示す



第 5 図

第1表　神鷹丸主要目

種類及船質	機船・鋼貨		軽荷状態	満載状態
長サ	35.5米	前部吃水（米）	1.753	2.475
巾	7.0米	後部吃水（米）	3.055	3.784
深サ	3.7米	平均吃水（米）	2.404	3.130
総噸数	235.97噸	排水量（トン）	289.42	434.28
最大速力（試運転）	11.443節	中央横截面積係数	0.803	0.851
		方形肥瘠係数	0.480	0.548

主機	4サイクル単動 [illegible] ディーゼー
気筒数×径×行程	6 [illegible]
定格出力	450馬力
定格回転数	290毎分
推進器	3翼マンガン青銅
直径×ピッチ	1.750米×1.435米
展開面積	11,000(痩)㎡

第2表　神鷹丸試験状態

	第1日（6月26日）	第2日（6月27日）
試運転種類	右舷操舵及旋回試験	左舷操舵及旋回試験
施行年月日	昭和28年6月26日	昭和28年6月27日
試験基地	月島	月島
出港/帰港時刻	0900/1630	0850/1630
最近出渠年月日	昭和28年6月20日	昭和28年6月20日
試験海面	羽田沖	羽田沖
水深	約20米	約20米
高汐	0325・1.8米 /1805・1.9米	0415・1.9米 /1840・1.9米
低汐	1055・0.1米 /2315・1.1米	1130・0.0米 /2350・1.1米
天候	薄曇	薄曇
風向・風速	N 34°W・2.5米/秒	N 22°E・1米/秒
気圧	749.5粍水銀柱	753.4粍水銀柱
海水温度	22.8°C	23.4°C
海水比重	1.015	1.019
気温	23.8°C	23.4°C
艫吃水 出港/帰港	2.45米/2.45米	2.47米/2・40米
艫吃水 出港/帰港	3.45米/3.45米	3.39米/3.44米

第 3 表

昭和28年6月26日　羽田沖（水深20米）　風向　（正午）北西微北　風速（正午）2.5m/sec　薄曇　海水温度22.8°C　比重　1.015

番号	実験種類	主機力度	開始時刻	終了時刻	天候	海面	整定針路	相対風速	相対風向	整定回転数	整定速力	操舵角度	操舵時間	最大舵軸振力率
								(米/秒)			(節)	(度)	(秒)	(kg～m)
1	右 10° 操舵	前進全速	1013	1017	曇	平穏	10° N	7.0	左 22.5°	246	9.34	4.3	1.6	220
1再	〃	〃	1020	1029	〃	〃	90° E	5.0	左 67.5°	246	9.63	5.4	1.7	210
2	〃	〃	1030	1040	薄曇	〃	180° S	3.0	右 45°	249	9.48	5.4	1.7	210
3	〃	〃	1043	1052	〃	〃	268° W	6.5	右 45°	255	9.94	5.4	1.5	190
4	〃	〃	1104	1107	〃	〃	4° N	6.5	左 22.5°	257	9.73	4.7	1.9	200
5	右 20° 操舵	〃	1110	1113	〃	〃	90° E	3.5	左 45°	253	9.53	15.2	5.6	360
6	〃	〃	1117	1118	薄日	〃	175° S	0	右 22.5°	256	9.68	14.9	4.0	330
7	〃	〃	1120	1123	薄曇	〃	270° W	5.0	右 67.5°	250	10.04	15.8	3.0	320
8	〃	〃	1125	1127	薄曇	〃	0° N	6.0	0°	248	9.83	14.7	4.6	280
9	右最大舵角操舵	〃	1130	1131	〃	〃	90° E	5.5	左 45°	252	9.44	29.5	8.2	710
10	〃	〃	1133	1135	〃	〃	178° S	0	右 22.5°	247	9.39	29.8	6.3	710
11	〃	〃	1138	1140	〃	〃	269° W	5.0	右 67.5°	253	9.54	28.7	4.4	690
12	〃	〃	1141	1143	〃	〃	3° N	6.0	0°	—	9.78	29.9	11.0	630
13	左 10° 操舵	後進全速	1206	中止	薄日	〃	126° SE	0	左 135°	—254	4.57	17.3	2.0	470
14 21	左 30° 操舵	〃	1213	中止	〃	〃	135° SE	1.0	右 45°	—	—	—	9.8	1,100
26	右 30° 操舵 旋回試験	前進微速	1337	1343	薄曇	細波	90° E	4.0	右 67.5	143	6.03	29.6	2.5	330
27	〃	前進半速	1352	1358	曇	〃	0° N	3.0	—	205	8.00	31.1	3.1	460
28	〃	前進全速	1404	1410	〃	〃	178° S	4.0	—	246	8.28	31.3	2.1	500
29	〃	〃	1417	1422	薄曇	〃	8° N	0	0°	256	8.99	26.3	2.8	580
30	〃	〃	1430	1434	〃	〃	188° S	8.0	0°	243	8.66	27.5	2.9	500
30再	〃	〃	1441	1447	曇	〃	285° W	8.5	左 22.5	245	9.53	32.0	2.5	650

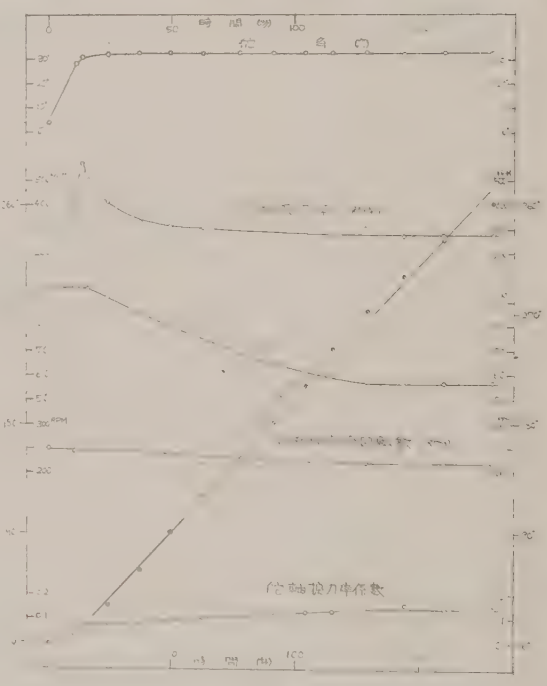
第 4 表

昭和28年6月27日　羽田沖（水深20米）　風向（正午）北北東　風速（正午）1.0m/sec　薄曇　海水温度 23.4°C　海水比重 1.019

号	実験種類	主機力度	開始時刻	終了時刻	天候	海面	整定針路	相対風速	相対風向	整定回転数	整定速力	操舵角度	操舵時間	最大舵軸振力率
								(米/秒)			(節)	(度)	(秒)	(kg～m)
1	左 10° 操舵	前進全速	1030	1037	薄日	平穏	267° W	3.5	右 45°	251	9.44	0.8	1.9	150
9	左最大舵角操舵	〃	1040	1043	〃	〃	176° S	1.5	左 67.5°	238	9.16	26.6	8.5	510
10	〃	〃	1050	1051	薄曇	〃	90° E	7.0	左 22.5°	—	9.48	—	11.2	450
10再	〃	〃	1054	1056	〃	〃	357° N	6.5	0°	241	9.40	—	13.5	430
11	〃	〃	1100	1101	薄日	〃	271° W	5.0	右 45°	245	9.59	24.2	6.9	500
12	〃	〃	1103	1105	〃	〃	180° S	0	左 45°	251	9.34	26.6	8.7	570
5	左 20° 操舵	〃	1106	1110	薄曇	〃	95° E	7.0	左 45°	245	9.50	11.2	3.7	—
6	〃	〃	1111	1115	〃	〃	0° N	7.0	0°	243	9.59	12.8	3.5	360
7	〃	〃	1117	1120	〃	〃	271° W	3.5	左 45°	246	8.99	11.5	3.8	360
8	〃	〃	1121	中止	薄日	〃	184° S	0.7	左 45°	—	9.03	—	—	—
25	右 30° 操舵	後進半速	1323	中止	曇	〃	108° E	—	0°	180	3.58	—	4.1	1,020
26	左 30° 操舵	前進微速	1332	1339	〃	〃	135° SE	7.4	左 22.5	135	5.93	28.8	2.9	420
27	〃	前進半速	1346	1350	〃	〃	268° W	0	左112.5°	181	6.60	—	3.1	500
28	〃	前進全速	1402	1406	〃	〃	78° ENE	8.5	右 22.5°	237	8.50	25.9	4.4	600
29	〃	〃	1412	1415	薄曇	〃	221° SW	7.0	左 67.5°	237	8.56	28.6	3.2	710
30	〃	〃	1420	1425	曇	〃	21° NNE	6.7	右 45°	240	8.55	28.1	2.6	600
27再	〃	前進半速	1430	1436	〃	細波	132° SE	8.7	左 22.5°	186	7.18	28.1	2.7	—
27再再	〃	〃	1444	1448	〃	〃	260° W	1.0	左 90°	192	6.94	25.9	2.5	470
30再	〃	前進全速	1456	1501	〃	〃	38° NE	6.4	右 45°	237	8.35	27.4	2.9	570

舵頭軸に捩計測装置を挿入する余裕がない為に、直接舵軸の捩りを計測することが出来ないので舵柄の端の結合部に張力計を挿入するように目下計画中である。

次に時間を基線とした綜合的な同時記録の一例を第6図に示す。本例で見ると速力の変化曲線が一定値に落付くのは船体が略270°回頭した時で、此れから所謂定常旋回が始まる様に見受けられる。舵軸の捩力率も此の間大体船体の速さの自乗の形の曲線に沿つて減少して行くのが判る。然乍ら後述の舵軸捩力率係数は此の間に於いて若干増加している。此れは舵の近傍の船体伴流、推進器後流及舵への相対的な流入角度等の変化により舵の圧力及圧力の中心が変動する為かと思はれるが、更に実験的検討に俟つ外はない。尚推進器の回転数も此の間に於いて減少して居り、船体の抵抗が増加し推進器のトルクが大きくなつて行くことを示しているが、今回はトルクの変動を記録することが出来なかつた。又若し推進軸に加はる推力が計測されると更に解析の手懸りが得られる筈である。



第 6 図

後進の場合の綜合記録は残念乍ら取れて居ないのであるが、約5節の速力で実測した最大捩力率は1.0瓲・米以上で計算値よりも遙かに大きい。これは船体伴流が無く而も推進器により舵の附近の流れが吸入される為に舵に対する相対流速が加速される現象がある為と舵の断面形状による圧力の中心の位置の相違によるものと思はれるが舵及舵取機械の設計上是非必要な事柄だけに、今後究明しなければならない問題である。

各実験に於ける舵軸の捩力率を比較する為に次の形の係数に換算した。

$$C_M = M \Big/ \frac{\rho}{2} \cdot \frac{S}{H} V^2$$

C_M：舵軸捩力率係数
M：舵軸捩力率
ρ：海水密度
S：舵面積
H：舵の高さ
V：船の速力

先づ各実験に於ける最大捩力率を上式により計算したものを第7図に示す。比較の為赤崎氏の実験式及 BEAUFOY・JOSSEL の式で計算した曲線も記入して置いた。但し此の場合舵軸の摩擦係数は0.2とし、舵への平均流入速力は伴流と推進器後流とが相殺して船の速力に等しいものと仮定している。本図を見ると舵角15°以上では略ど此等の計算値の附近に来ていることが判る。

* 註：唯一回の実木試験による概略値である。

** 註：船舶工学便覧 第2分冊 263頁

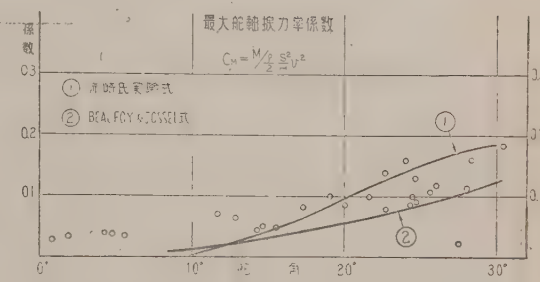
然乍ら以上の事が果して最大振力率以外の凡ての測定点にも言い得るか否かを統計的に見る為に全測定点に於ける前記の係数を記入して見ると第8図の様になる。尤も此等の測定値は舵の周囲の流れの模様が必しも全部同様ではなく、條件を適当に分類して比較すべきものであるが、概略の初期設計に用いる場合に前記の計算式について考慮すべき巾が幾何になるかを見当づける為に本図を作製した。本図に於ける全測定点に於ける係数C_Mと赤崎氏の実験式による計算値C_Aとの差を

$$C_M - C_A = \Delta C$$

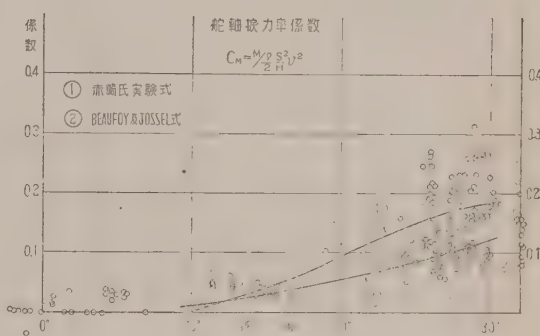
とし$\Delta C/C_A$の平均値を求めると

$$(\Delta C/C_A)_{mean} = -0.007$$

となり、殆ど一致することが判る*。この平均値の標準誤差は0.037であつて、平均値からの標準偏差は0.555であるから、比較的巾の広い結果を示している。此の結果から見ると現在の処今回の試験と同様な状態では、赤崎氏の実験式を用いる際には上記の偏差に適当な倍数を乗じて設計の目安とすべきであろう。



第 7 図



第 8 図

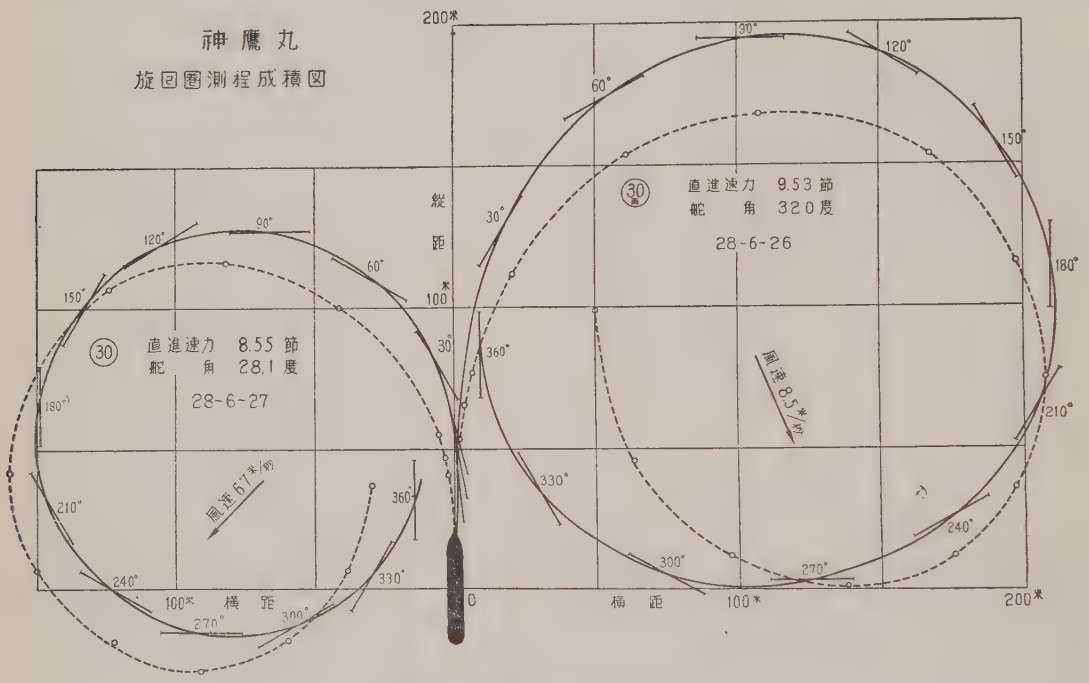
終りに今回行つた旋回試験に於ける航跡の測定例を第9図に掲げる。本図においては各々異つた試験の速力が異つているが、旋回圏の相違が甚しい。これについては目下検討中であるが、第1節で述べた様に舵の形状及推進器後流上下の面積比の著しい不均衡もその原因の1つではないかと推測される。尚旋回圏の測定結果及その解析法に目下検討中である。第9図実線は測角儀による航跡であり、点線は測定速力を積分して求めたものである。将来潮流計の適当なものが完成され、船舶の適宜の個所に装備して流速（及び方向）を測定することが出来れば、今回の旋回性能の解明に大いに役立つことと思はれる。

む　す　び

以上の成績を要約すると、平穏な海面状態で船が直進中に操舵した場合は神鷹丸と略類似の形状の舵の舵軸振力率の最大値は操舵が完了した時に生じ、それ以後は船が旋回するに従つて減少して行く傾向にあり、略270°回頭すれば定常値に落付くようである。従つて転舵時の力量は操舵直後の最大振力率と所要操舵速力から定まると考へてよく、他方操舵力も此の最大力率に安全率を適当に見込めばよいのであるが、舵を一方の舷の最大舵角から反対舷の最大舵角まで転舵する場合の実測値が今回の試験では計器の都合で得られなかつた為、今後の検討に俟つつもりである。

舵軸の振力率を推定するのに赤崎氏の実験式を用いる場合には、今回の試験の様な平穏な海面では本式による計算値C_Aを中心として約2倍の巾を考慮すれば、実際に起り得る測定値の95%近く

* 註：「漁船」第69号に掲載したヒストグラムは一部の計測値の△Cについて求めたもので、平均値が−0.04を示しているのは、母集団が異る為である。



第 9 図

が、此の中に含まれることになる。但し以上のことは今回の試験に於ける概括的な結果であつて厳密に船体と舵との相互作用を更に分析して相対速度及流入角並にそれ等の分布状況等の条件を局限して行けば、実験式からの誤差を縮少し、吉崎氏其の他の実験式を適用する場合の精度を向上することが可能であろう。

他方荒天の際の航海状態に於ける実船の記録を集積して今回の試験よりも更に包括的な結果を統計的に解析することが出来れば本実験で得られた値等よりも大きな振力率が現われる確率が推定され、実際の設計の目安が得られる筈である。

鋼製漁船に関しては以上の点を除いて今回の試験により略々その特性が明かにされたのであるが、船尾形状の異なる木造船に関しては不明な点が多い。即ち推進器の位置に巨大な伴流があり、而も非平衡流のものに就いては、今後実船及実験室内に於いて研究すべき点が多々あるようである。又鋼製木製を問はず、漁船の場合も同様に検討する必要があるが、幸い近く一二の船について試験を行う機会があるので、此等の点を解明する手懸りが得られる筈である。（横山）

研究担当者 大津義徳
横山信立
石井謙治
川野浩一
小林務
山下英夫
吉田伸夫

漁船機關のシリンダー等の摩耗について

（第 四 報）

Cylinder Wear of Fishing Boat Engine

概　　要

漁船機関のシリンダ摩耗対策として、クローム鍍金シリンダを研究し、試作実験する一方、外国の此の種シリンダの調査も行つた。米国のGMデイゼルのものについては、既に報告した。（漁船研究技報第3号）今回は、英国の Monochrome 社のもの及米国の航空発動機のものについて調査した結果を報告するもので、前者は、ポケツト型及チヤンネル型の多孔質クローム鍍金より耐摩耗性が多少優れた結果を得た。

ABSTRACT

Besides the investigations on the chromium plating on a cylinder bore which is galvanized to reduce wearing of the cylinder of fishing boat engines. We made tests on chromium plated cylinders made in foreign countries.

Test results about the cylinder of the same kind of a General Motors diesel engine is already reported (Tech, Report of Fishing Boat No. 3). This paper shows results of experiment on cylinders of Monochrome Co. in England and of aircraft engine made in U.S.A..

【項　　目】

Ⅰ．英国製モノクローム社製クロームメツキシリンダー

まえがき

1. シリンダー　（2）供試機関

2. 内壁面調査　（3）運転要領

3. 硬度調査　（4）運転経過

4. 運転調査　（5）運転成績

（1）供試シリンダー　むすび

Ⅱ．米国航空発動機用クローム鍍金シリンダー

Ⅰ．英国モノクローム社製クロームメツキシリンダー

まえがき

クローム鍍金シリンダの試作実験の経過については、之迄二回報告した様に、其の耐久性及信頼性も充分になり、一応実用し得る段階になつて、引続き漁船で実用試験をすると同時に、一層の技術向上を研究中である。

一方諸外国でクローム鍍金シリンダが実用されているので、夫れ等の技術によるクローム鍍金シリンダの運転試験を実施し、資料を得たいと考へた。即ち、有名な Van der Horst 社（米国）及 Monochrome 社（英国）に、当研究室の実験用デイゼルのシリンダ（内径 110mm．長さ 276mm

材質FC23）を送り加工して貰ふべく交渉した所、前者は1本45$（約16,000円）で余りの高価に驚いたが、後者は3£（3,024円）で之亦余り安価なのに驚いた。それで後者のみに発註し、前記シリンダ10本を発送した所、約9ケ月の後完成されて戻つて来た。

1. シリンダ

Monochrome 会社に発註したシリンダは当新光号の実験用機関、即ち新三菱重工名古屋製作所製ダイヤデイゼル用で、内径110mm、長さ276 mm、又材質はFC23で、量産用として一般に使はれているものと同一である。Monochrome 社からの申出により其の内径を110.33mmにホーニング仕上した。従つて鍍金の厚さは0.165 mmになる。此の発送準備は、総て新三菱重工が当つた。

第1図は該シリンダが Monochrome 会社でクローム鍍金及仕上を完了され、返送されて来たもので、木箱から取り出したままの状態である。各シリンダ共夫々プラスチック剤で、完全気密に塗装されていた。

第2図は其の一部を剝した状態である。

第1図　シリンダ包装A

2. 内壁面調査

第3図は該シリンダ内壁面を示したものである。此の内壁面は全面に所謂ポケツト型多孔質に出来ている上に、本図で明かの様に、深浅のいさゝか異なる凹みが、規則正しい水玉模様に設けられている。第4図は、此の水玉模様の見取図である。凹みの深浅は不鮮明ながら大体半球形で、其の直径は平均約

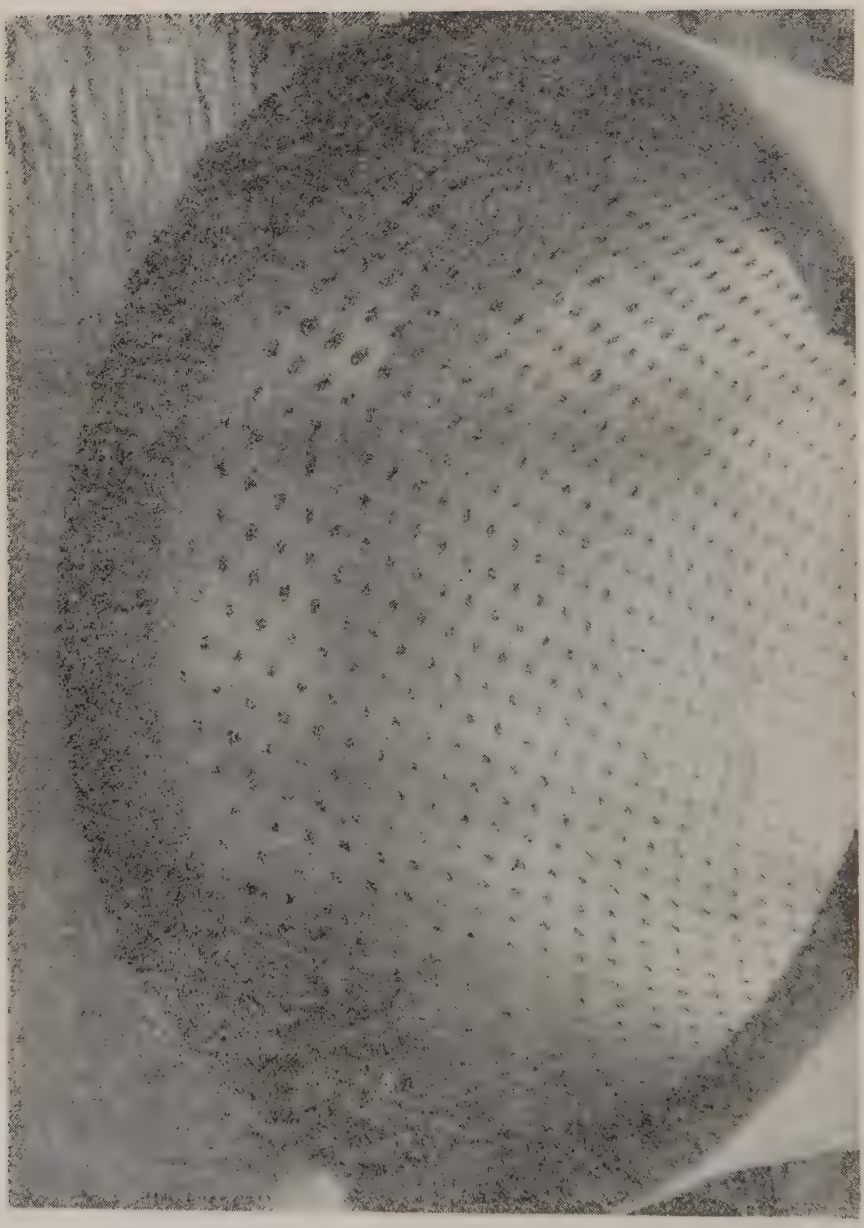
第2図　シリンダ包装B

1.6mmであつた。然し稀には、非常に小さいものや、あるべき所にないのもあつた。第5、及6、図は夫々、凹み部及び凹み以外の部分の断面で、鍍金層の厚さは、予定通り大体0.165mm位あるが、凹みの底部では0.08mm位で、従つて凹みの深さも最大0.08mm位ある。

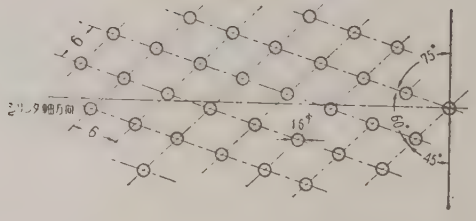
然し他の個所では0.06mm位のものもあり、又、素地の現はれているものもあつた。之等の写真は三ケ所で、別々の試験片から撮られたものであるが、鍍金層と素地との境界部分を比較すると、凹みのある部分では、比較的平滑であるに対し、凹みのない部分では機械加工の凹凸が見えるが、その理由は、今の所判明していない。

第7図は日本光学製の触針式仕上面検査機により、鍍金表面のシリンダ軸方向の凹凸を検査したもので、記録が不鮮明た為、更にそれを人手で模写したものである。之で見ると、凹みの最大深さは0.06mm位になつている。尚、多孔質鍍金の孔の深さは、此の方法では、精確には計測は出来ない。

凹みのない部分の表面の多孔質の程度は、第8図に見る如く、普通のポケツト型で、其の多孔率は、約30%と認められる。又面の仕上程度は、案外粗く、今までの私達の経験では、此の程度の仕上では初期摩耗の期間も長く、摩耗量も多いと思ふので、Monochrome 会社に其の旨照会した所先方では仕上については充分検査してなかつたらしく、〝仕上が粗に過ぎたそうで申訳けない。も一度ホーニングして貰いたい〟という回答があつただけで、此の仕上程度が英国に於けるクローム鍍金シリンダの慣例か否かは判明しなかつた。

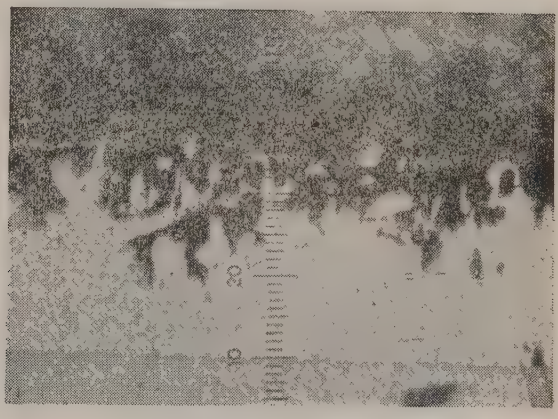


第3図 シリンダ内壁面

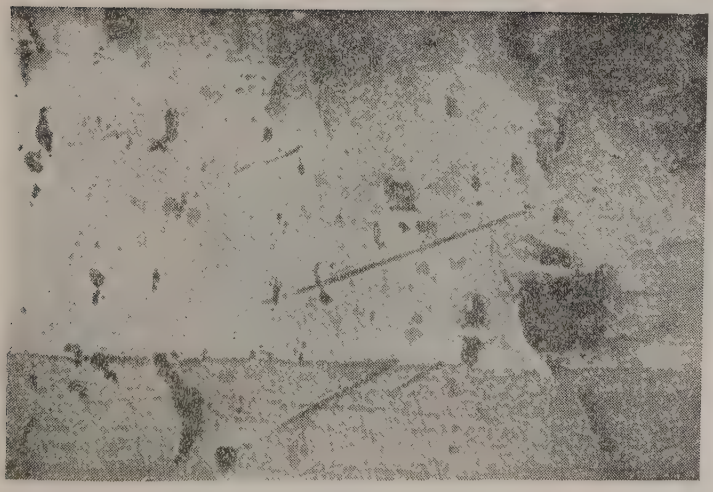


第4図 シリンダ内壁見取図

第 5 図 の 1　×128

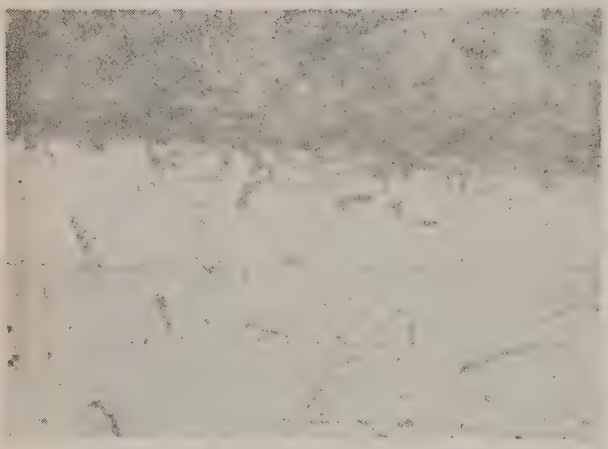


第 5 図 の 2　×400



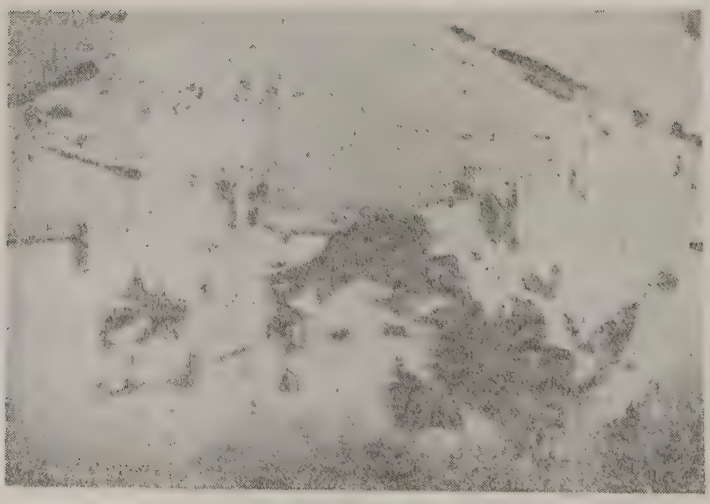
第 5 図 の 3　×375

第 5 図 凹 み 部 の 断 面



第6図の1 ×125

第6図の2 ×400



×375

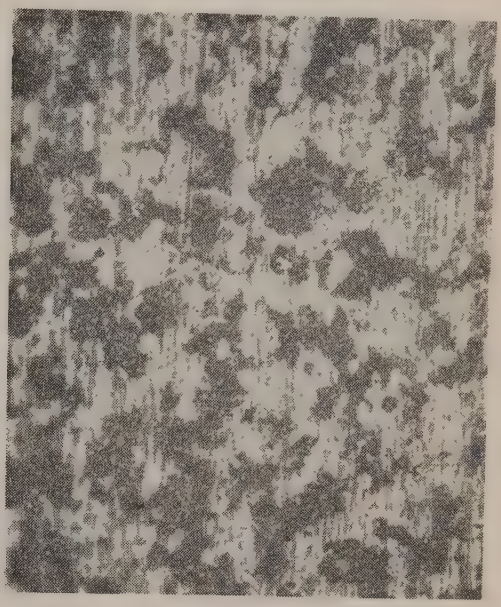
第6図 3

第6図 平面部の断面

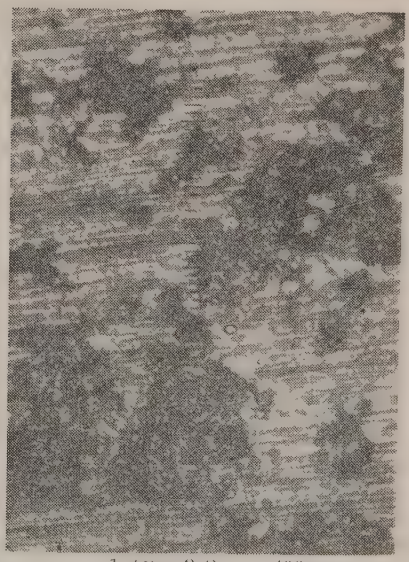
第 7 図

表面検査結果（日本光学製触針式仕上面検査機に依る）

Ⅰ．凹みのない部分　　Ⅱ．凹みのある部分



第 8 図 の 1　　×100



1目盛＝3.2μ　×400

第 8 図 の 2

第 8 図 平面部の表面

3. 硬度調査

鍍金表面の硬度を、明石製作所製マイクロヴイツカース硬度試験機で調査した所、ヴイツカース硬度最低965、最高1053（荷重500gr）を得た。嘗つて、Van der Horst 製のクローム鍍金シリンダについて同様に硬度試験を行つた成績は、最低907最高1163であつた（漁船研究技報第3号）のと対比し一層均一に出来ている様に考へられる。

4. 運転調査

(1) 供試シリンダ

着荷した各シリンダの仕上程度が、前述の如く案外悪いので、一応従来の私達の慣例に従つて次の要領でバフ加工した。

使用機械　日平産業製内面研磨盤

作業要領

主軸回転数	70r.p.m
羽布回転数	約5400r.p.m
送り	20sec/stroke (stroke 290mm)
羽布(フエルト)	直径　加工前 94mm　加工後 93mm　巾　30mm
研磨剤	白棒　パルミチン酸　1%添加
加工時間	1hr　20min

本加工による切削量は約0.001mm（直径）であつた。

(2) 供試機関

ダイヤデイゼル 5071008号

ピストンとシリンダとの間隙は平均0.07mm

(3) 運転要領

供試シリンダを、供試機関に取りつけ、先づ無負荷600～700RPMで20時間摺合運転を行ひ、次に、水制動力計に連結して、標準出力8HP. 900RPMで、合計700時間運転した。摺合運転の前後及標準出力運転100時間毎に最小限度の分解をなし、シリンダ内径を計測した。ピストンリングの計測は、本運転の前後でのみ行ひ、途中では、その変形をきらつて行はなかつた。

使用燃料は、B重油で、353時間目迄のものは比重0.907(15°C)、その後のものは0.912(15°C)であつた。又使用潤滑油は、30番モビールで、400時間目迄のものは、比重0.945(15°C)其の後のものは、0.947（15°C）であつた。

(4) 運転経過

標準出力運転では、1時間毎に、主要性能諸元を計測したが、其の毎100時間の平均値を第1表に示した。燃料消費率が全般的に悪いのは冬期に粘度の高い重油を使用した為であろう。噴射器のスリツト・フイルターの抵抗が特に高く度々清掃する必要があつた。又噴射弁の損耗も比較的多く又ノツヅル周囲の炭素沈着も甚しかつた。300時間目頃、シリンダ冠に亀裂を生じ、冷却水の噴出を見たので新品と交換した。新シリンダ冠は、予燃焼室周囲が一層冷却される様改善され、又其の噴孔の角度も、多少変はつていた。新シリンダ冠になつてからは、当分適当な噴射時期を決定するのに時間がかゝつたが、400時間目以降は調子になり、燃費も比較的良好になつた。気温の緩んだ為もあろう。

潤滑油の消費率が甚しく悪いのは、クランク軸端やカム軸端からの漏洩の甚しかつた為で、当分修理出来る見込みがないので、覚悟の上強行したのであつた。又供試シリンダの直線度がかなり悪かつたのも一原因であろう。

漁船研究技報 第5号 正誤表

頁	行	正	誤
67 概要	6 数式	$P_i=K_{pi}\,\nu^{-\frac{1}{6}}\,(MH)^{\frac{1}{6}}$	$P_i=K_{pi}\,\nu^{\frac{1}{6}}\,(MH)^{\frac{1}{6}}$
〃 〃	14 数式	P_1	P_i'
69	28 数式④	$P_i=K_{pi}\nu^{-\frac{1}{6}}\,(MH)^{\frac{1}{6}}$	$P_i=K_{pi}\,\nu^{\frac{1}{6}}\,(MH)^{\frac{1}{6}}$
78	37行目	1.5m/s	1.5m/sn
87	27行目	0.8mm/min	8mm/min
112	下から 7行目	解 析	違 折
115	第20表第4欄	ら安定曳網	ら安 曳網
116	6行目	1.25kt	12.5kt
〃	14行目	反方向	友方向
〃	18行目	場合はその方向	場合はの方向
128	第33表	G.Rの曳網方向への縦長 30.0	G.Rの曳網方向への縦長 3.0
〃	16行目	手 木	手 不
146	第12図	天地逆	
〃	脚 註	船底気泡層	船底気泥層
〃	6行目	研究（I）	研究（1.）
149	13行目	船底気泡層	船底気層尸
168	第1表 材質	Ni	No
169	6行目	$L=20l_{og10}\frac{P_0}{P}$	$L=20l_{og10}\frac{P_o}{P}$
〃	7行目	作る為に	作を為に
〃	11行目	ゴム布は、厚さ0.3mmで	ゴム布は、厚さ0.05mmで
171. 172		第11図と第12図を入替える	
171	第4表第2欄	M_o	M_P
174	11行目(4)式	$\rho c,\ \rho_1 c_1$	$pc,\ p_1 c_1$
〃	22行目	ならなくなる故	ならなく故
175	7行目	3.8℃	38℃
178		第21図	第22図
〃		第22図	第23図
〃		$\frac{V_2}{V}\times 1000cc$	表第4欄 $\frac{V_2}{V_1}\times 1000cc$
183	第36図	天地逆	

P. 121 第27表次の通り訂正

第 27 表

曳船間隔	項目 手木間隔 (m)	※袖端間隔 (m)	G.R.20尺の部の間隔 (m)	手木よりG.R.20尺の部の中央部迄の縦長 (m)
400m	41.1	24.8	5.1	29.3
450m	45.6	27.6	5.4	27.8
			5.5	26.3

第 1 表　運転性能諸元の概要

			第1次 0～100	第2次 100～200	第3次 200～300	第4次 300～400	第5次 400～500	第6次 500～600	第7次 600～700
運転期日			自27-12-1 至27-12-17	自 28-1-13 至 28-1-31	自 28-2-5 至 28-2-24	自 28-2-26 至 28-4-13	自 28 4-23 至 28-5-20	自 28-5-27 至 28-6-12	自 28-6-16 至 28-7-2
出力		HP	8	8	8	8	8	8	8
回転数		R. P. M	900	900	900	900	900	900	900
燃料消費率		gr/HP-hr	275	281	263	275	254	247	251
噴射器の燃料漏油量		gr/HP-hr	0.48	0.51	0.32	0.17	0.29	0.27	0.30
潤滑油消費量		gr/HP-hr	20.2	14.8	15.5	25.7	37.9	33.7	24.7
冷却水温度	入口	最高 °C	13.9	8.7	9.0	12.7	16.3	18.5	19.8
		最低 °C	10.1	5.3	6.0	7.8	12.2	17.0	18.2
		平均 °C	12.1	7.7	8.0	11.8	15.6	18.0	19.0
	出口	最高 °C	36.4	32.3	31.6	40.0	44.4	44.1	44.9
		最低 °C	30.9	26.2	26.1	36.0	38.5	41.2	42.1
		平均 °C	33.8	28.6	29.2	39.5	41.7	42.7	43.7
排気温度		最高 °C	538	545	517	501	458	488	486
		最低 °C	390	405	370	435	383	398	415
		平均 °C	448	461	431	465	432	441	448
クランク室内潤滑油温度	手持ち計器による動作後直ちに測定	最高 °C	61.7	58.0	58.9	63.5	66.2	66.0	64.8
		最低 °C	50.0	52.2	51.0	50.0	49.0	53.6	54.8
		平均 °C	57.4	54.9	55.7	58.6	58.2	59.3	61.3
最高指圧		kg/cm²	55	52	54				
室温		最高 °C	16.8	11.5	17.4	18.2	22.6	26.4	27.2
		最低 °C	6.2	3.4	3.2	10.3	11.2	18.1	18.0
内度		平均 °C	11.5	8.1	10.1	14.5	18.8	22.1	23.3
起動回数			15	15	15	17	17	15	14
使用燃料			0～353hr			353～700hr			
B重油比重			0.907 (15.0°C)			0.912 (15.0°C)			
使用潤滑油			0～400hr			400～700hr			
30# モビール油比重			0.945 (15°C)			0.947 (15.0°C)			

各分解の際、燃焼室の炭素沈積は比較的少かつたが、ピストン頂面とノツヅル周囲には、タール状のものを常に認めた。

ピストンの当りは良好であつたが、リングの当りは何れも良好とはいえなかつた。シリンダの直線度の悪い為であろう。

第一リング溝の摩耗は甚しく、又炭素の沈積も多かつた。500 時間目以降は、第 2 リング上死点位置のシリンダ摩耗が第 1 リングのそれより稍多くなつたが、此の頃は炭素沈積の為第 1 リングの作動が不自由になり、第 2 リングが代行する様になつた為であろう。

(5) 運転成績

第 2 表は、シリンダ内径の計測値で、第 9 図は、第 1, 2 及 5 (オイル) リングの上死点位置に於けるシリンダ摩耗経過を平均値を以つて表はしたものである。即ち、第 1 リング上死点位置の摩耗量(直径)は、頭初の無負荷揃合運転20時間で $\frac{0.3}{100}$ mm、次の標準出力 300 時間までは平均 $\frac{0.3}{100}$ mm /100hr その後は計測出来ない程度となつた。又、第 2 リング上死点位置では、揃合運転では第 1 リング上死点位置と同値、次の標準出力 500 時間迄は平均 $\frac{0.2}{100}$ mm/100hr、其の後は計測出来ない程度であつた。又全運転時間(700時間) を通じると、第 1 リング上死点位置は平均 $\frac{0.13}{100}$ mm/100hr、第 2 リング上死点位置は $\frac{0.14}{100}$ mm/100hr、又第 5 リング(オイルリング)上死点位置は $\frac{0.07}{100}$ mm/100

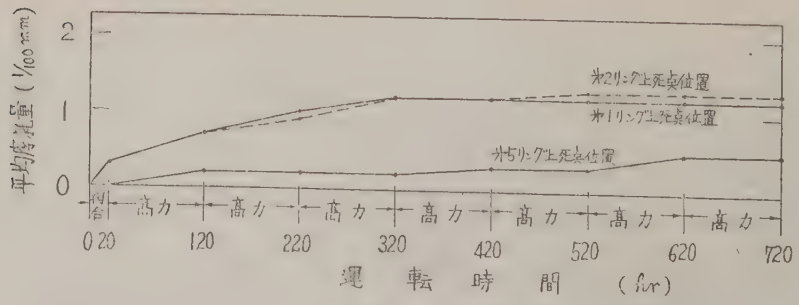
第2表 シリンダ内径計測値

(基準:110mm. 単位:1/100mm.)

計測位置		1	2	3	4	5	6	7	8	9
運転前	A—A	9.1	6.1	3.0	0.8	0.1	0.2	0.8	0.8	—0.9
	B—B	8.8	5.5	2.5	—0.6	—1.0	—0.1	—0.1	—0.1	—0.6
	平均	9.0	5.8	2.8	0.1	—0.5	0.1	0.3	0.3	—097
摺合運転(20hr)後	A—A	9.1	6.4	3.2	0.6	0.1				
	B—B	8.9	5.8	2.9	—0.5	—0.9				
	平均	9.0	6.1	3.1	0.1	—0.4				
高力運転100hr後	A—A	9.2	6.8	3.9	0.8	0.1				
	B—B	8.9	6.2	3.1	—0.3	—0.9				
	平均	9.1	6.5	3.5	0.3	—0.4				
200hr後	A—A	9.1	6.9	4.0	0.6	—0.1	—0.1	0.8	0.6	—0.9
	B—B	9.0	6.7	3.4	—0.1	—0.8	0.0	0.0	0.0	—0.5
	平均	9.1	6.8	3.7	0.3	—0.4	0.0	0.4	0.3	—0.7
300hr後	A—A	9.1	6.9	4.1	0.6	0.1				
	B—B	9.0	7.0	3.8	0.0	—0.7				
	平均	9.1	7.0	4.0	0.3	—0.3				
400hr後	A—A	9.0	6.9	4.1	0.7	0.0				
	B—B	9.0	7.0	3.9	0.0	—0.8				
	平均	9.0	7.0	4.0	0.4	—0.4				
500hr後	A—A	9.0	6.9	4.3	0.8	0.0	0.0	0.7	0.7	—0.9
	B—B	8.9	7.0	3.9	0.0	—0.7	—0.1	—0.2	0.1	—0.5
	平均	9.0	7.0	4.1	0.4	—0.4	0.0	0.3	0.4	—0.7
600hr後	A—A	9.0	6.9	4.3	1.0	0.0	0.0	0.2	0.5	—0.9
	B—B	9.0	7.1	3.9	0.1	—5.7	—0.2	0.1	0.3	—0.4
	平均	9.0	7.0	4.1	0.6	—0.4	—0.1	0.2	0.4	—0.6
700hr後	A—A	8.9	6.9	4.3	0.9	—0.2	0.1	0.3	0.2	—0.9
	B—B	9.1	7.1	3.9	0.2	—0.6	—0.1	0.1	0.6	—0.5
	平均	9.0	7.0	4.1	0.6	—0.4	0.0	0.2	0.4	—0.7
高力100時間当り平均摩耗率(初期摩耗を含まず) $\frac{1}{100}$ mm/100hr		0.00	0.13	0.14	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

備考 計測位置 1:ピストン頂部の上死点 4:油掻リング上死点 7:第1リング下死点
2:第1リング上死点 5:任意に定めた点 8:油掻リング下死点
3:第2リング上死点 6:同上 9:任意に定めた点

A—A:クランク軸方向内径
B—B:クランク回転方向内径



第9図 第1, 2及び第5リング上死点位置に於けるシリンダ摩耗経過

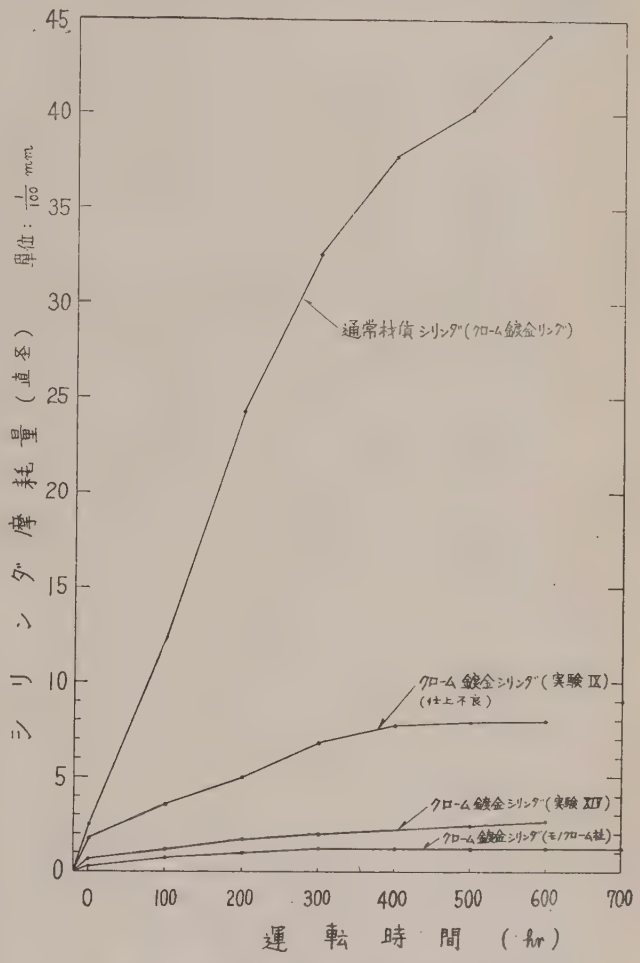
hr である。

此の中第1リング上死点位置の摩耗経過を、今日迄の当研究室に於ける同一條件の運転試験による代表的シリンダの摩耗経過と比較すると、第10図に示す様に、本供試シリンダは今日迄私達の経験した中で最も摩耗率の少いことが明かである。従来のポケット型、或はチャンネル型の多孔質クローム鍍金シリンダでは、運転時間が進むに従い、摩耗の激しい部分の多孔性は、失はれてくるのに対し、本供試シリンダにおいても同様であるが、その水玉模様の小孔は深くて、いつまでも健在し油を保持する為であろう。

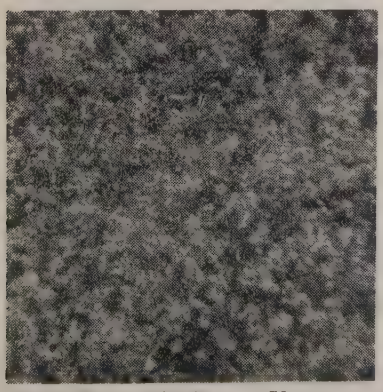
第11図は供試シリンダの第1リング上死点部の表面の多孔性の状況を写したもので、700時間運転後には多孔性が大分失はれている。

第3,4及5表は各ピストンリングの計測値で、其の摩耗量はクローム鍍金シリンダに対するリングの摩耗としては私共の経験から少い方とはいえない。尚、今日迄の代表的な実験成績と比較して第12図に示す。

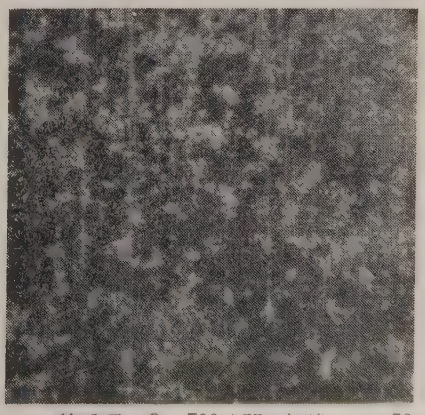
第6表は各ピストンリングの溝に於ける遊隙の変化を計測して示したものである。リング溝の計測はピストンの側面から溝の周縁を計測顕微



第 10 図　第1リング上死点位置に於ける諸種シリンダの摩耗経過比較

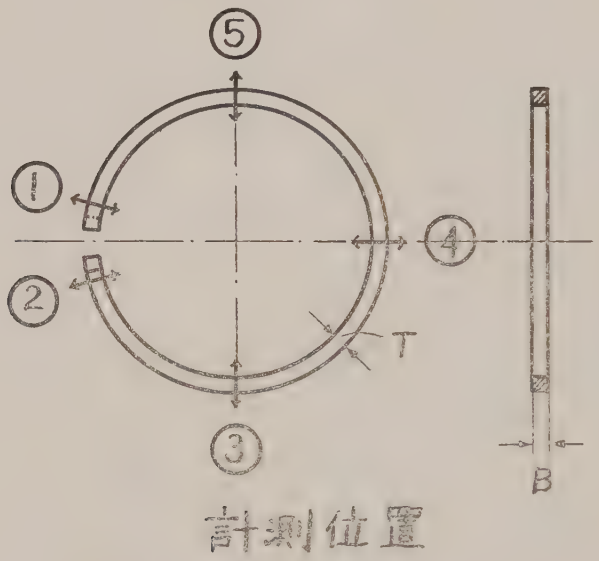


第11図の1　運転前　×50



第11図の2　700時間運転後　×50

第 11 図　第1リング上死点位置の多孔性の変化を示す（黒い部分が平表面）



第3表　ピストンリング高さ計測値（B）

（基準：5mm.　単位：　mm）

計測位置		1	2	3	4	5	平均	平均摩耗率（初期摩耗含）mm/100 hr
第1リング	運転前	−0.017	−0.022	−0.021	−0.020	−0.020	−0.020	
	運転後	−0.382	−0.317	−0.258	−0.195	−0.318	−0.294	0.0391
	摩耗量	0.365	0.295	0.237	0.175	0.298	0.274	
第2リング	運転前	−0.015	−0.012	−0.014	−0.014	−0.015	−0.014	
	運転後	−0.137	−0.105	−0.072	−0.101	−0.121	−0.107	0.0133
	摩耗量	0.122	0.093	0.058	0.087	0.106	0.093	
第3リング	運転前	−0.015	−0.019	−0.016	−0.016	−0.018	−0.017	
	運転後	−0.039	−0.039	−0.041	−0.042	−0.046	−0.041	0.0054
	摩耗量	0.024	0.020	0.025	0.026	0.028	0.024	
第4リング	運転前	−0.014	−0.017	−0.016	−0.018	−0.016	−0.016	
	運転後	−0.034	−0.028	−0.023	−0.028	−0.027	−0.028	0.0017
	摩耗量	0.020	0.011	0.007	0.010	0.011	0.012	
第5リング	運転前	−0.007	−0.008	−0.014	−0.013	−0.014	−0.011	
	600hr 運転後	−0.014	−0.010	−0.018	−0.015	−0.014	−0.014	
	摩耗量	0.007	0.002	0.004	0.002	0.000	0.003	
（オイルリング）	600 hr 運転後	−0.013	−0.009	−0.013	−0.014	−0.017	−0.013	0.0006
	700 hr 運転後	−0.012	−0.013	−0.014	−0.014	−0.016	−0.014	
	摩耗量	−0.001	0.004	0.001	0.000	−0.001	0.001	

備考　第5（オイルリング）は高力600hr運転後新品と交換した。

第 4 表　ピストンリング厚さ計測値（T）

（単位：mm）

計測位置		1	2	3	4	5	平均	平均摩耗率（初期摩耗含）mm/100hr
第1リング	運転前	4.536	4.537	4.533	4 536	4.541	4.537	
	運転後	4.125	4.0455	4.178	4.1715	4.0655	4.117	0.0600
	摩耗量	0.411	0.4915	0.355	0.3645	0.4755	0.420	
第2リング	運転前	4.565	4.566	4.552	4.555	4.570	4.562	
	運転後	4.2745	4.268	4.3255	4.270	4.2765	4.283	0.0399
	摩耗量	0.2905	0.298	0.2265	0.285	0.2935	0.279	
第3リング	運転前	4.542	4.543	4.539	4.541	4.534	4.540	
	運転後	4.338	4.331	4.319	4.2815	4.3165	4.317	0.0319
	摩耗量	0.204	0.212	0.220	0.2595	0.2175	0.223	
第4リング	運転前	4.545	4.542	4.537	4.539	4.534	4.539	
	運転後	4.3535	4.3795	4.364	4.3755	4.328	4.360	0.0256
	摩耗量	0.1915	0.1625	0.173	0.1635	0.206	0.179	
第5リング（オイルリング）	運転前	4.426	4.440	4.467	4.506	4.531	4.474	
	高力600hr後	4.286	4.280	4.2605	4.3495	4.306	4.2965	
	摩耗量	0.140	0.160	0.2065	0.1565	0.225	0.1775	0.0600
	高力600hr後	4.5435	4.508	4.499	4.513	4.5185	4.5165	
	高力700hr後	4.2935	4.274	4.258	4.2655	4.278	4.274	
	摩耗量	0.250	0.234	0.241	0.2475	0.2405	0.2425	

備考　高力600hr運転後第5（オイル）リングを新品と交換した。

第 5 表　ピストンリング重量計測値　（単位：gr）

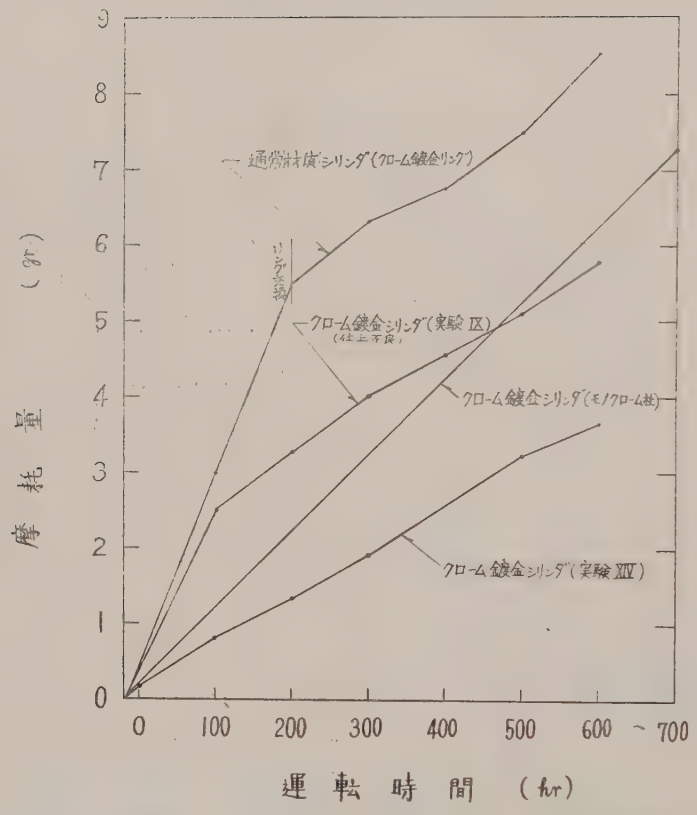
	第1リング	第2リング	第3リング	第4リング	第5リング	
運転前	53.03	53.32	53.07	53.04	35.45	
高力600hr後					34.48	
差					0.97	
高力700hr後	45.79	49.15	50.11	50.75	35 61	
差	7.24	4.17	2.96	2.28	35.43	第5リング新品に交換す
					0.18	
平均摩耗率（初期摩耗を含む）gr/100hr	1.03	0.60	0.42	0.33	0.16	

第 6 表　ピストンリング—リング溝間隙

（単位：mm）

		第1リング	第2リング	第3リング	第4リング	第5リング
ピストンリング	運転前	5‰−0.020	−0.014	−0.017	−0.016	−0.011
	運転後	−0.294	−0.107	−0.041	−0.028	−0.014
リング溝間隙	運転前	5‰+0.02	+0.01	+0.06	+0.04	+0.08
	運転後	+0.23	+0.13	+0.08	+0.07	+0.12
	運転前	0.04	0.02	0.08	0.06	0.09
	運転後	0.52	0.24	0.12	0.10	0.13

ピストンリングは5ケ所で測定（測定位置第3表参照）し、その平均値を示す。又リング溝はクランク軸方向及クランク回転方向の4ケ所で計測し、その平均値を示す。



第 12 図 諸種シリンダーに対する第1ピストンリングの摩耗経過比較

鏡で計測したものである。奥の方は、勿論本表程摩耗しているとは考えられない。因みに供試ピストンは、FC23 鋳鉄製である。

む す び

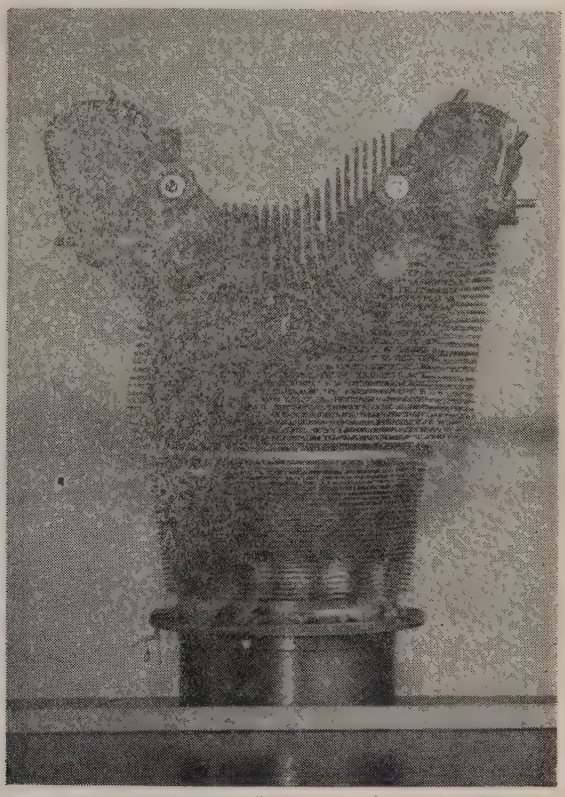
本調査実験の結果、Monochrome 社製のものは、従来の国産のポケット型或は、チャンネル型の多孔質クローム鍍金シリンダより、耐摩耗性が一段と優れていることが明かにされ、又其の無数の水玉模様に配置された深い小孔が有効に作用していることが明かにされた。斯様な小孔を設ける方法については目下研究中で、やがて実用化し得るだろう。然し、従来の多孔質クローム鍍金に比して、それだけ工数を要するので一段と高価になることが予想されるが、然し国情も違ふが Monochrome 社は、鍍金厚さ 0.16mm で、而も水玉加工も施し、其の鍍金及仕上料は合計 300円/dm² の割であつた。而もシリンダ10本に対するものであるから多量生産になれば、これより更に低廉となろう。此の点、日本の鍍金関係者が特に留意研究され、万事を一層合理化して鍍金加工賃の低廉化を図られることを切望する次第である。

Ⅱ. 米國航空發動機用クローム鍍金

供試シリンダは下記航空発動機のもので、その外観は(試片切除したもの) 第1図 A 乃至 E に示す。

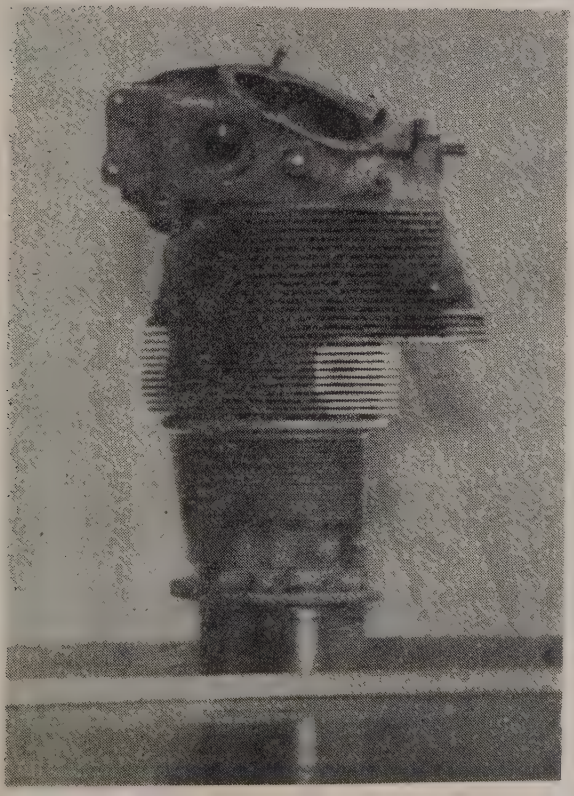
Pratt and Whitney "Twin Wasp"

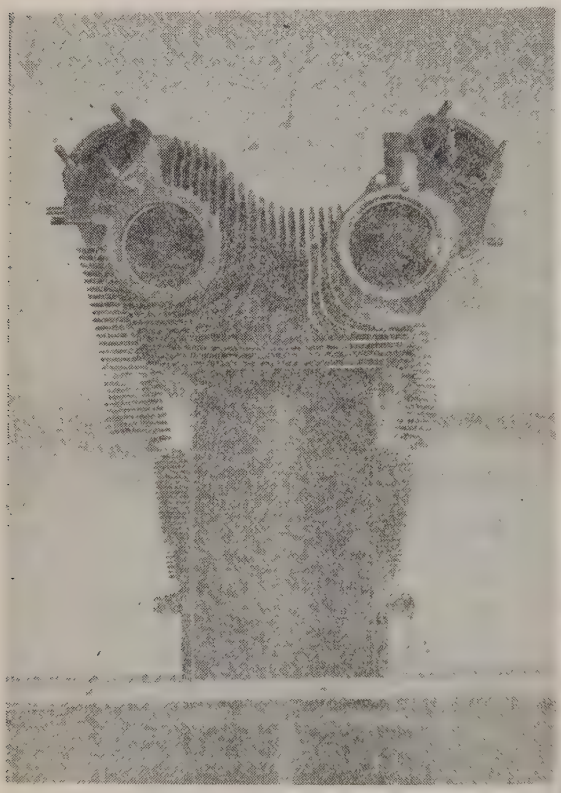
シ リ ン ダ 数　　14



第1図 A 供試シリンダー前面外観

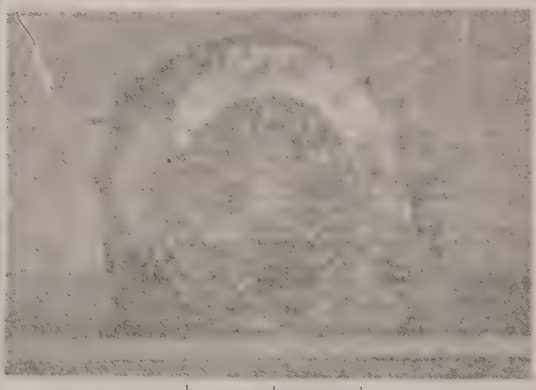
第1図 B 供試シリンダ排気側外観
（一部試片切除したもの）





第1図 C　供試シリンダ後面
（一部試片切除したもの）

第1図 D　供試シリンダ頭部、上方より見る

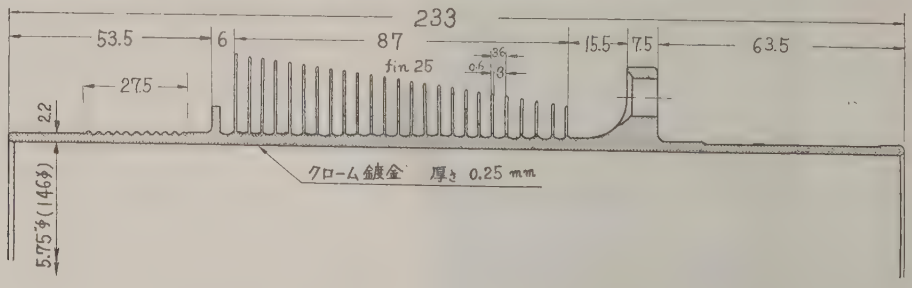


第1図 E　供試シリンダ下方より見る
（一部試片切除したもの）

シリンダ直径×行程	5.75″×5.50″	
全行程容積	2004立方吋	
瞬昇出力	1450馬力	2700 RPM
連続出力	1200馬力	2500 RPM

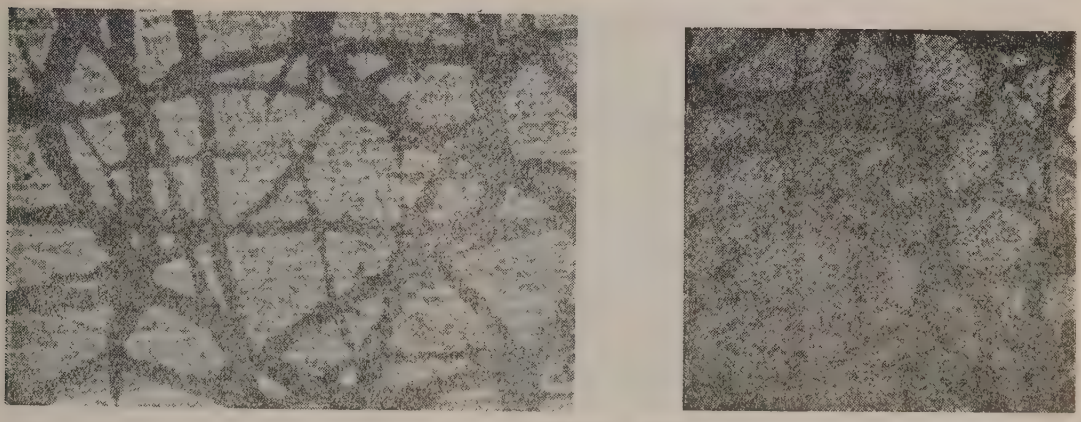
本シリンダは空冷式で、之に軽合金製の空冷式シリンダ頭を締付けてある。第2図はシリンダ部の縦断面を示す。

本シリンダ部の内面には、全面的に第3図に示す様なチャンネル型の多孔性クローム鍍金を施し

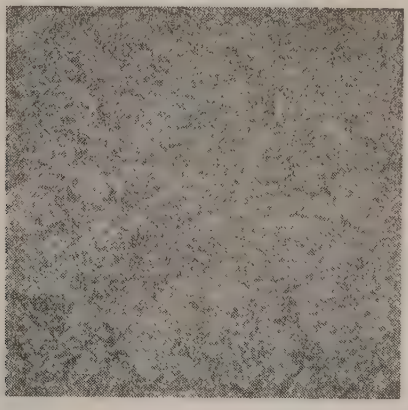


第2図　シリンダ縦断面図

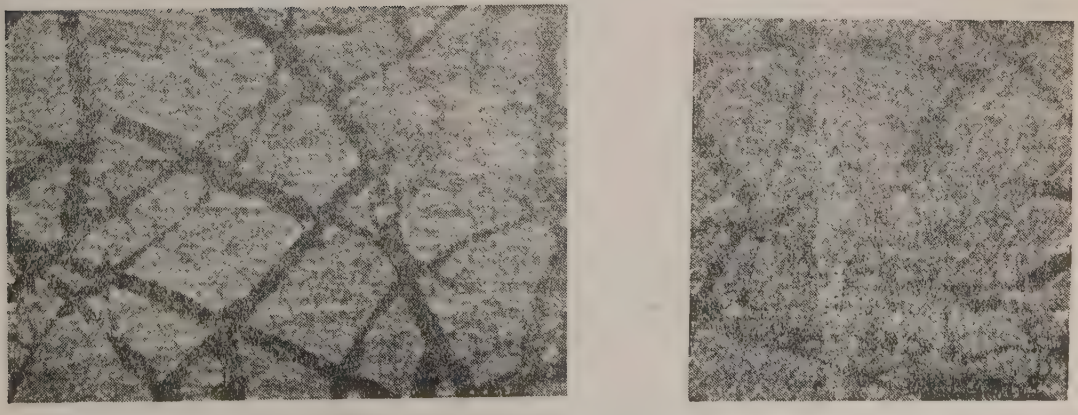
ホーニング仕上してある。その porosity は20乃至30%と認められ、スカート部に近い程 porosity が少い様に見受けられた。第4図は鍍金層の断面で鍍金の厚さは0.22mm，チャンネル深さは$\frac{4}{100}$



a. シリンダ冠に近い部分



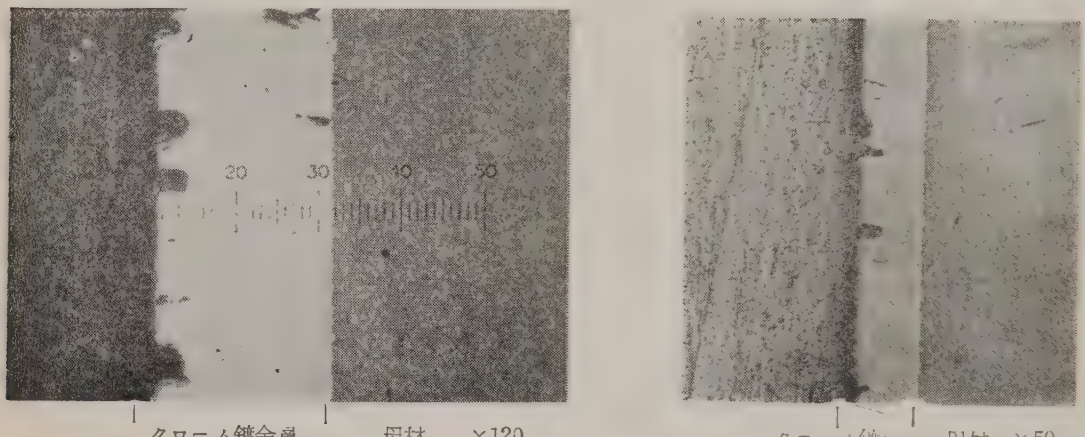
b. 中　央　部



c. スカート部

第3図　クローム鍍金表面　×50

mm 位だが、$\frac{8}{100}$mm 位の所もあつた。表面硬度は明石製 Micro Vickers（荷重500gr）で計測した結果、VHN 最低775、最高1191の範囲であつた。



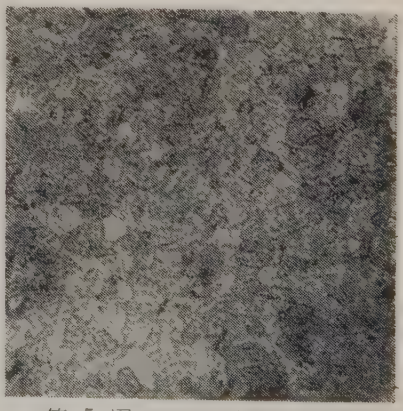
クローム鍍金層　母材　×120　　クローム鍍金層　母材　×50

第 4 図 鍍 金 層 断 面

母材々質の化学分析結果は、

C	0.44%	N_i	0.96%
S_i	0.19	C_r	0.87
M_n	0.95	M_o	0.15
P	0.002		
S	0.001		

硬度は各部分殆んど同一で焼入、焼戻してあつて、VHN300 乃至 330 であつた。その顕微鏡組織は第5図に示す。



第 5 図　シリンダ母材　×100

本シリンダは、シリンダ冠を締付けた状態で、クローム鍍金を施行したもので、シリンダ冠の内面のシリンダに近い部分に全周的に浅く、腐蝕痕が生じているが、その他には、外面にも一切腐蝕痕はない。ホーニング仕上は案外粗雑であつた。チヤンネルは極めて大胆に深く鮮明に施行されている。クローム鍍金表面硬度範囲は、吾々が今まで調査した内国製及外国製のものと比し、大差はない。

本シリンダは日本航空整備会社から寄贈されたもので、吾々の研究に極めて貴重な参考資料となつた。深甚な謝意を表する次第である。同社では、クローム鍍金シリンダを、予備品として多少入手していたが、該発動機製造元の Pratt and Whitney 会社が推薦しないので、その使用を見合はせていると聞いた。然し極東空軍は、クローム鍍金によりシリンダを再生し、常用している。其の鍍金加工は米本土内で行つていると云う。

本調査には、硬化クローム工業会社、三菱日本重工横浜造船所、三井精機工業会社 樋川工場及帝国ピストンリング会社等に負ふ所が少くない、厚く感謝の意を表する次第である。（清水）

研究担当者　清水三郎、草間喜代松、三浦喜七

磁氣羅盆に關する研究

（制振特性について第2回報告）

Study of Magnetic Compass Bowl

概　　要

漁船研究技報第4号に、磁気羅盆の制振特性についての実験結果を報告したが、今回は、その結果より、制振曲線の主要点に関する実験式を作成した。制振曲線の主要点までの時間 t_i 行過角 P_i は、羅牌直径 d、羅盆液の動粘性係数ν、磁針の磁気能率M、地磁気の水平分力 H の函数であつて下式によつて示される。

$$t_i = K_{ti} d^{-\frac{3}{8}} \nu^{\frac{1}{8}} (MH)^{-\frac{2}{3}}$$

$$P_i = K_{pi} \nu^{\frac{1}{5}} (MH)^{\frac{1}{8}}$$

K_{ti}, K_{pi} は、主要点の番号 i によつて変る t_i, P_i に関する実験式の常数である。この実験式は羅牌常数 $C_n = \left(\frac{d^4}{M}\right)^{\frac{2}{3}} = 10 \pm 5$ の範囲で t_i は5％、P_i は10％以内の誤差で、実験結果と良く合う。

カードの内側をくり貫くと、上の実験式で与えられる t_i、P_i よりも、その値が小さくなる。内側をくり貫いた場合の週期T′、感度 t_1'、第1行過ぎ角 P_1' は下の実験式で示される。

$$T' = T - 1.5 \times 10^{-2} (D^3 - D_0^3)$$

$$t_1' = t_1 - 4.0 \times 10^{-3} (D^3 - D_0^3)$$

$$P_i' = P_1 \mid 2.0 \times 10^{-4} (D^3 - D_0^3)$$

T, t_1, p_1, は、上の式で計算した週期、感度、第1行過ぎ角である。此の式の誤差は、カードの巾が1cm 以上のうちは5％を超えない。

又、t_i, P_i の実験式に就いては計算の便宜上、計算図表を作成した。これによつて、制振曲線の主要点に関する経過時間及び行過ぎ角を簡単に求めることが出来る。以上実験式及び計算図表を作成したので報告する次第である。

ABSTRACT

The following experimental formulas for the damping curve were obtained by our last experiments of magnetic compass bowls, which was reported on "Technical Report of Fishing Boat" No. 4.

$$t_i = K_{ti} d^{\frac{8}{3}} \nu^{\frac{1}{3}} (MH)^{-\frac{2}{3}}$$

$$P_i = K_{pi} \nu^{-\frac{1}{5}} (MH)^{\frac{1}{8}}$$

About 5% of calculation error is contained in t_i and 10% in P_i when the card constant $\left(C_n = \left(\frac{d^4}{M}\right)^{\frac{2}{3}}\right)$ is 10±5. It is so difficult to calculate these formulas that we have made the nomographie for each formula.

When the inner part of the card is hollowed out and clearance is made between the float and the card, the above mentioned formula must be corrected by the following expression.

$$T' = T - 1.5 \times 10^{-3}(D^3 - D_0^3)$$
$$t_1' = t_1 - 4.0 \times 10^{-3}(D^3 - D_0^3)$$
$$P_1' = P_1 - 2.0 \times 10^{-4}(D^3 - D_0^3)$$

The error caused by this calculation does not exceed 5%, except that the breadth of the card is narrower than 1 cm.

This formula may be convenient for the designer of the magnetic compass.

【項　　目】

まえがき
1. 制振曲線の主要点に関する実験式
(1) カードの内側をくり貫かない場合の実験式
(2) カードの内側をくり貫いた場合の実験式
2. 計算図表に就いて
(1) ti に関する計算図表に就いて
(2) Piに関する計算図表に就いて
むすび

まえがき

磁気羅針の制振特性に関する実験については、さきに漁船研究技報第4号で報告したが、此の研究を尚一層実用的なものにする為に、実験式を作成してみた。等い慣性の回転運動で急速に減衰する運動に関してカルマンの理論式があったので、これを手掛にして実験式を作ってみた所、実験結果と極めて良く一致した。然し、此の実験式も実際に計算する場合には、稍々煩雑であるので、計算図表を作つた。これによれば、制振曲線の概図は、必要な要素さえ解れば、いつでも簡単に求めることができる。以下に、その実験式及び計算図表に就て述べ報告する次第である。

1. 制振曲線の主要点に関する實驗式

(1) カードの内側をくり貫かない場合の実験式

制振特性について第1回報告にも触れておいたが、便宜上再びカルマンの式に就いて簡単に述べておこう。

カルマンは粘性流体中で回転する円板の摩擦モーメントを

$$M = 0.65 d^3 u^3 (\rho/2)/\sqrt{Re} \quad \cdots\cdots ①$$

とした。(但し、$n = \pi dn/60$, $Re < 5 \times 10$ の範囲で層状運動をする場合である。) 我々は、此の式に

$$Re = ud/\nu, \quad \nu = \mu/\rho$$

を代入し、此の円板が一回転に要する時間

$$t = \pi d/u$$

を仮定し、①式を変形して、

$$t=\left(\frac{0.65^2}{4}\right)^{\frac{1}{3}}\pi\ d^{\frac{8}{3}}\ \rho^{\frac{2}{3}}\ \nu^{\frac{1}{3}}/M^{\frac{2}{3}}\cdots\cdots\cdots\cdots②$$

を得た。此の式の表わす意味を考えて見れば、粘性流体の中に回転する円板があり、それが一回転するに要する時間 t は、円板の直径，液の密度及び摩擦モーメントの函数であるということが判る。この式を制振曲線の実験式に応用するに当つて、此の式の成立する條件と制振運動の條件とを比較して見ることにする。先ず、羅牌部の形状は円板とは言えないが、それに近いものである。又、その制振運動自体、回転運動でないことは謂うまでもない。寧ろ、鉛直軸回りの減衰振動である。このような、形状も運動も相違する二者を関係づけることは無理である。然し、制振特性に関する実験結果によれば、両者に極めて相通ずるものがある。即ち、制振運動が始つてから運動中の任意の位置までの時間（経過時間という）は、カードの直径の2.7乗に比例し、モーメントMHの3分の2乗に反比例している。此の事実は、経過時間を②式の t に当てはめ、同じくカードの直径を円板の直径 d に、MH を摩擦モーメント M に相当させることによつて、両者の結びつけができることを物語つている。又、液の粘性については、②式から推して ν の1/3 乗に比例するものとして取扱い、(実際、そうしても我々の行つた実験の範囲では矛盾がなかつた) 密度 ρ については実験中に大きい変化を与えることが出来なかつたので、常数の中へ含めて取扱つた。以上述べたようにして実験結果より常数を定めて実験式を作つたわけである。先ず、式を挙げる前に制振曲線に関して次のように符号を定める。

羅牌を静止の位置から45°偏角させて暫く留め、液の流動がすつかり停止した時、放置する。羅牌部は、磁北に向つて運動し、振動し乍ら遂に停止する。(此の場合、軸針に摩擦はないものとする) 運動が始つて最初に元の位置に帰るまでの時間を t_1 (秒) とし、その位置を行き過ぎて、最初に、行過ぎの最大角 (此れを行過角という) に達するまでの時間を t_2，そこで運動が逆転して、再び、元の位置に帰るまでの時間を t_3，次の行過角に達する迄の時間を t_4 と定める。同様に t_5, t_6, t_7 と逐次符号を定めておく。これら、制振曲線の主要点までの経過時間を一般に t_i (秒) で表わし、i を1より7まで変えることによつて．上記の各経過時間を表わすものとする。制振曲線の週期 Tは此の場合 t_5-t_1 で表わされ、t_1 を感衰と謂う。行過角は通常3回出来るので、その最初のものより P_1, P_2, P_3 (度) とし、一般に P_i (度) (i=1,2,3) で表わすことにする。

以上によつて制振曲線の主要点に関する経過時間及び行過角は次式に示す通りである。

$$ti=K_{ti}\,d^{\frac{1}{3}}\ \nu^{\frac{1}{3}}(MH)^{-\frac{2}{3}}\cdots\cdots\cdots\cdots③$$

$$Pi=K_{pi}\ \ \nu^{\frac{1}{3}}\ \ (MH)^{\frac{1}{3}}\cdots\cdots\cdots\cdots④$$

第1表　実験式の常数及誤差

i	1	2	3	4	5	6	7	K_T
K_{ti}	0.70	1.20	2.15	2.60	3.40	3.90	4.90	2.70
t_i の最大誤差(%)	5	8	6	8	5	8	9	5
K_{pi}	3.4	0.5	0.2					
P_i の最大誤差(%)	10							

但し、t_i：経過時間 (sec)

P_i：行過ぎ角 (degree)

d ：カードの外径 (cm)

ν ：羅盆液の動粘性係数 (cm2/5sec)

M: 磁針の磁気能率 (C.G.S.)

H: 地磁気の水平分力 (C.G.S.)

K_{ti}, K_{pi} : 常数

第1表の K_T というのは、t_i が週期を表わす時の常数であり、K_3-K_1 に等しい。t_i 及び P_i の最大誤差というのは、此の式による計算値の実験値に対する最大誤差の百分率であり、t_i に就いては $i=1,3,5$ で5%、$i=2,4,6,7$ で8%程度である。$i=1,3,5$ で誤差が比較的少いのは、制振曲線の此の位置では、磁針部の運動が速いので、観測に時間が長い為であろう。P_i の誤差は、P_1 で最大10%である。P_2, P_3 では百分率としては大きいが、1° を超えることは稀である。

次に此の実験式の適用範囲に就て考える。さて、第1表の誤差を見ると最大5～8%である。この誤差は、実験式による計算値と実験値との誤差であるから、少くとも実験条件の範囲内に於ては、良く合うということができる。次に実験条件の範囲を挙ぐることにする。

カードの外径d : 11.5 / 16.5 / 19.0 (cm)

磁針の磁気能率M : 440 / 1650 / 2530 (C.G.S)

地磁気の水平分力 H : 0.075, 0.15, 0.30, 0.60 (C.G.S)

羅盆液の動粘性係数 ν : 2.1×10^{-2}, 3.1×10^{-2}, $4.1\times10\times^{-2}$, 5.2×10^{-2}, 6.2×10^{-2} (cm^2/sec)

羅盆液の密度 ρ : 0.95～0.97 ($gr/cm.^3$)

羅盆液の温度 2.5～28 (°C)

此の実験条件の範囲を見ると、カードの外径 d と磁針の磁気能率 M とは、夫々組になつている、そしてそれらに対して地磁気の水平分力、羅盆液の動粘性係数を色々変えた場合は、第1表に示す誤差以内で此の実験式は使用できるのである。然し、d と M との関係が異つて来た場合は、③、④の実験式の誤差は第2表のように変つて来る。今③式を変形して

$$t_i = K_{ti}\nu^{\frac{1}{3}}H^{-\frac{2}{3}}\left(\frac{d^4}{M}\right)^{\frac{2}{3}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑤$$

とすれば、$\left(\frac{d^4}{M}\right)^{\frac{2}{3}}$ は羅牌部に関する常数で各羅牌毎に一定の値を示す。(これを羅牌常数と仮称する) これを C_n で表わし、実験式3及び4の週期(T)、感度(t_1)、第1行過角(P_1)の誤差を求め、C_n との関係を求めると、第2表に示すように、

$C_n = 10\pm5$ ……⑥

の間で、週期(T)及び感度(t_1)の誤差は5%以内に入り、P_1 の誤差は、10%以内に入る。次に③、⑤の実験式を使用して、T, t_1, P_1 等を算出する場合、⑥の関係、即ち C_n が 10 ± 5 を満足して

第2表 羅牌常数 C_n と実験式の誤差

カード直径 d	磁気能率 M	C_n	誤差		
			週期 T	感度 t	第回行過角P1
19.0	2530	13.7	−1.1±2.3	0±2.9	+0.9±4.7
16.0	1650	12.6	+2.6±2.8	+2.9±3.3	+6.2±3.4
11.5	440	11.7	+0.3±4.7	−0.3±2.5	−7.7±4.7
19.0	1650	18.3	+ 8	+ 8	+10
14.5	1650	8.9	− 4	− 4	− 9
11.5	1650	4.8	−19	−33	−33

いるかを調べるのに便利なように、$C_n=10\pm5$ を満足させる磁気能率 M の大きさを、現用の羅牌直径 d に対して掲げたのが第3表である。尚、M が此の範囲内に入つておれば、後に述べる計算図表を用いて差支えない訳である。

第3表　実験式の成立に必要な磁気能率の範囲

カード直径d (Cm)	磁気能率M (C.G.S.)		
	$C_n=5$	$C_n=10$	$C_n=15$
11.5	1560	553	305
14.5	3950	1390	760
15.0	4530	1600	872
16.5	6620	2340	1275
18.0	9400	3300	1810
19.0	11600	4120	2240
20.0	14300	5060	2750
23.0	25000	8850	4820
25.0	35000	12400	6730

尚、此の実験式には、羅盆の大きさ、羅牌と羅盆とのクリアランス、羅牌部の慣性能率、羅盆液の密度（前掲）等は含んでいない。これらは、前回の実験結果にあるように、特別の場合を除いては影響がないので省略したのである。軸針摩擦に就いては、今回は JES による摩擦誤差、静摩擦共に 0.0 のものを用いた。摩擦誤差のあるものについては、今後、研究するつもりである。

(2)　カードの内側をくり貫いた場合の実験

第1図に示すよ式うに、カードの内側をくり貫いて、カードと浮動部との間の間隙を作ると、制振曲線の週期 T, 感度t_1, 第1行過ぎ角 P_1 は、⑦式で与えられる。

$$\left.\begin{aligned} T'&=T-1.5\times10^{-3}(D^3-D_0^3)\\ t_1'&=t_1-4.0\times10^{-3}(D^3-D_0^3)\\ P_1'&=P_1-2.0\times10^{-4}(D^3-D_0^3)\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots⑦$$

T', t_1', P_1' ：くり貫いた場合の週期、感度、第1行過ぎ角

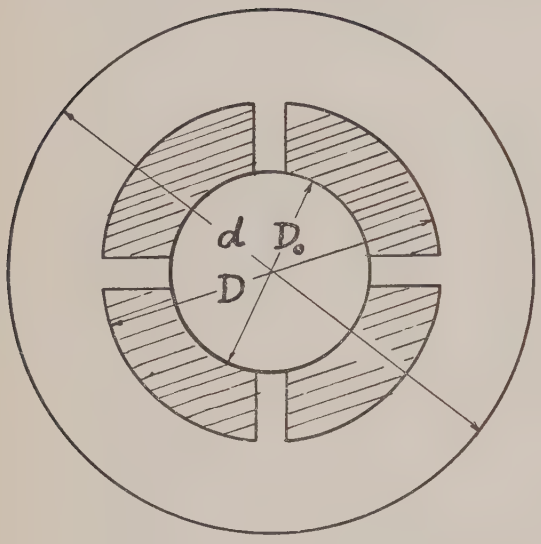
T, t_1, P_1 ：実験式③, ④による週期、感度、第1行過ぎ角

D_0 ：浮動部の直径 (cm)

D ：くり貫く直径 (cm)

カードの内側をくり貫くと⑨式第2項に示されるだけ、週期、感度、第1行過ぎ角が減ずるのである。即ち、運動は鋭敏になり、行過ぎ角では制動が効いたと同じ効果がある。故に、此のように適当量だけ、カードの内側をくり貫き、ダンパーを取りつければ、理想的な制振特性を有する羅牌が出来るものと思う。この実験式は、T.190, T.165 羅牌をくり貫いて行つた実験によるもので、5％以内の精度を持つている。但し、T.165 羅牌で、くり貫きの直径 D=14.5cm の場合、即ち、カード巾が 1cm になつた場合だけが誤差10％を出した。原因は不明であるが、カード巾1cmの羅牌は実際には不便で使用できないので、普通の場合⑦式によつて週期、感度、第1行過ぎ角を推

* 磁気羅盆に関する研究（随伴角に関する実験）漁船研究技報 No.3, P.121, 1952



第 1 図　カードの内側くり貫きの場合

定して良いと思う。

2. 計算圖表について

(1) t_i に関する計算図表について

$$t_i \rightarrow K_{ti} d^{\frac{8}{3}} \nu^{\frac{1}{3}} (MH)^{-\frac{2}{3}}$$

を変形して

$$\nu^{\frac{1}{3}} K_{ti} d^{\frac{8}{3}} = H^{\frac{2}{3}} t_i M^{\frac{2}{3}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑧$$

とし、2図表を二個づつ左右から補助尺Bによつて連結した。⑧式の左辺を図表の左側に画き、補助尺Aによつて3変数の積を求めた。⑧式の右辺は図表の右側に画き、補助尺Cによつて3変数の積を求めるようにした。

ν 尺は ν の目盛以外に 15°C で比重 0.95 を占めるエチールアルコールの水溶液約（34%）の温度を目盛つた。

K_{ti} 尺は i を目盛り、ν 尺と K_{ti} 尺とを直線で結べば、両者の積がA尺に表われ、A尺上のその点とd尺上のd目盛を結べば、B尺上に⑧式の左辺が計算されるようにたつている。A尺上の i 目盛は、15°C で比重が 0.95 のエチールアルコールの水溶液を雛盆液として用いた場合に、一操作を省略することができるようにしたものである。次に右側の図表も同様で、先ずH尺と t_i 尺で積がC尺に表われ、C尺とB尺に記しを附けられた点とを結べばMが読める。C尺上の目盛は H=0.30 の場合に一操作省略する為のものである。手順は、どのようにしてもB尺で一致させれば⑧式を満足しているから、t_i, M, d, H, ν, K_{ti} の関係が常に求められることになる。

(2) P_i に関する計算図表について

$$P_i = K_{pi} \nu^{-\frac{1}{3}} (MH)^{\frac{1}{3}}$$

変形して

$$H^{\frac{1}{3}} K_{pi} M^{\frac{1}{3}} = \nu^{\frac{1}{3}} P_i \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑨$$

t_i に関する計算図表と同様に、先ずH尺と i 尺とを結び、A尺に記しを附け、これとM尺を結んでB尺に記しを附けておく。ν 尺と此の点を結べば、P_i が求められる。

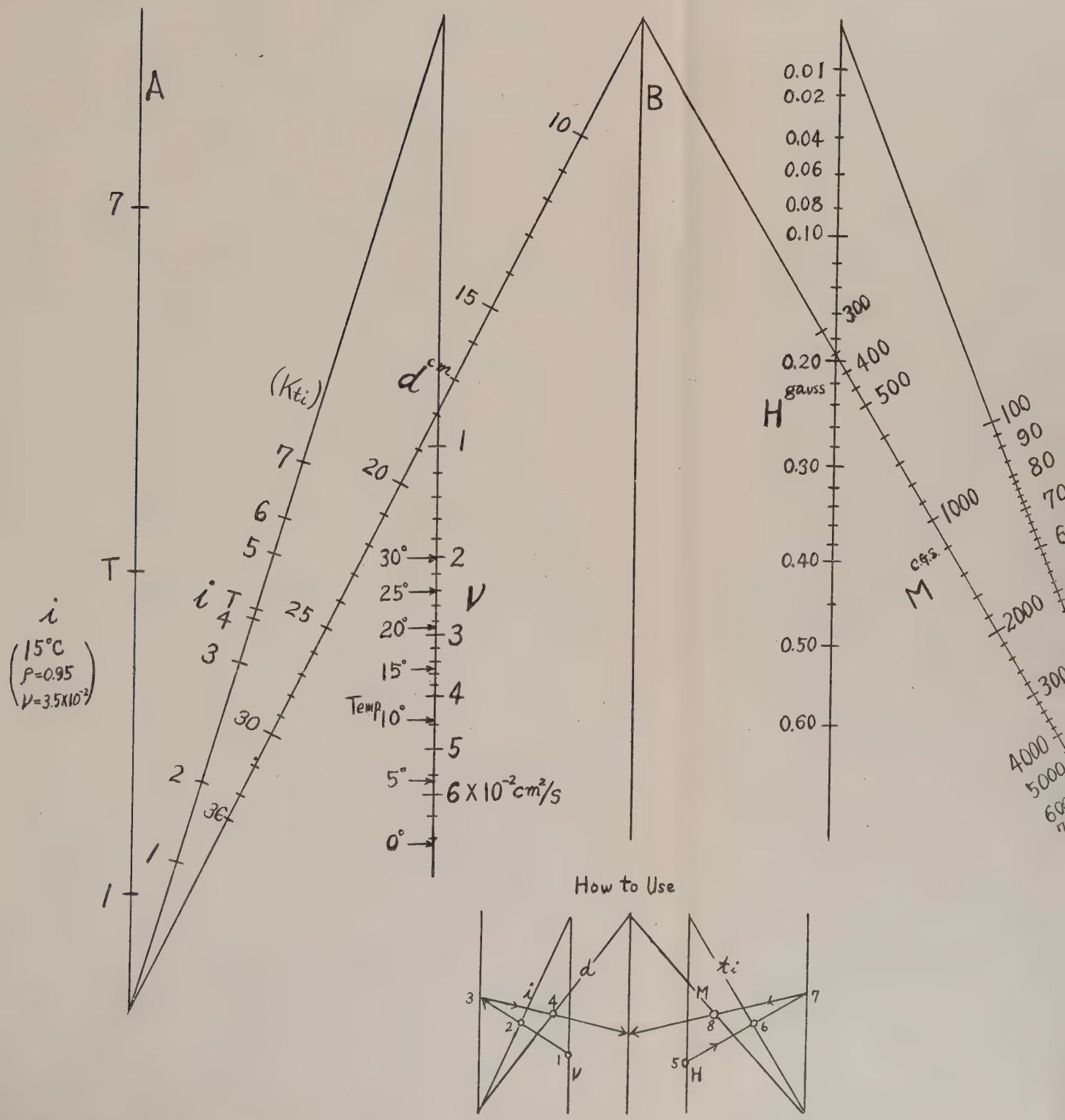
これら2つの計算図表も前に述べた③, ①式の図表化であるから、$C_u = 10 \pm 5$ が満足される時だけ使用できる訳である。

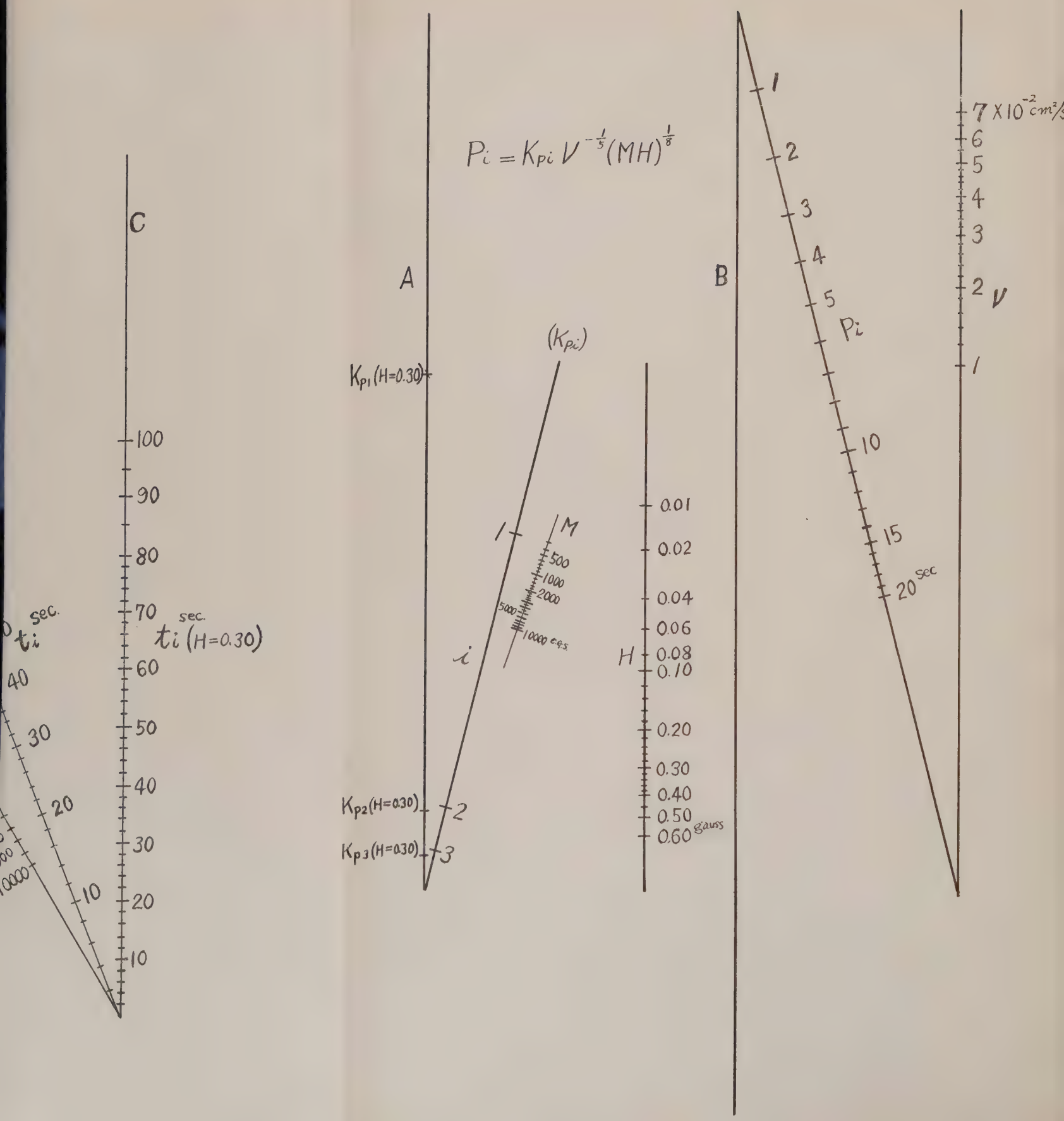
むすび

制振曲線の主要点に関して経過時間及び行過ぎ角に関する実験式を得、又それらの計算図表を作成した。これらを利用すれば、必要な週期を有つ羅牌の設計が容易に出来ると思う。又、使用法に依つては、磁場測定、又は羅盆内の磁針の磁気能率の測定も出来ることになるのであつて甚だ便利である。今後これらを有効に利用して頂ければ幸いである。（石井、鈴木）

研究担当者　熊凝武晴
石井謙治
鈴木　裕

$$t_i = K_{ti}\, d^{\frac{8}{3}}\, \nu^{\frac{1}{3}}\, (MH)^{-\frac{2}{3}}$$




$P_i = K_{pi} V^{-\frac{1}{5}} (MH)^{\frac{1}{8}}$
A
B
C
(K_{pi})
$K_{p1}(H=0.30)$
$K_{p2}(H=0.30)$
$K_{p3}(H=0.30)$
1
2
3
i
M
500
1000
2000
5000
10000 eqs.
H
0.01
0.02
0.04
0.06
0.08
0.10
0.20
0.30
0.40
0.50
0.60 gauss
P_i
1
2
3
4
5
10
15
20 sec
7×10^{-2} cm²/s
6
5
4
3
2
1
ν
t_i sec.
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
t_i $(H=0.30)$ sec.
40
30
20
10

底曳網用自記式網高さ計、G. R. 展開計及びそれ等の實驗結果に就て

Automatic Net-height Meter and Automatic Ground Rope Indicator for Two-boat Trawler and Results of Experiment for These Apparatuses

概　　要

底曳網漁業の現行漁具漁法による操業状態の実態を把握する事が是等漁具漁法の改善に不可欠のものであると考え、昭和27年より研究に着手し、28年それらの解析用計測器として自記式網高さ計、自記式 Grouud Rope(G. R.) 展開計を試作完成した。第一回実験を昭和28年8, 9月の二回に亘り実施し、今回は主として二艘曳機船底曳網に就て行つた。大要次の様な結果である。実用計測器としての條件は殆んど満足な結果を得た。

投網時より揚網時迄の各操法毎の漁具（網漁具）の動的な変化経過を知る事が出来た。即ち

① 水深に応じた投網時より着底迄に要する時間

② 二種の投網形状に於ける曳網初期の漁具の立体的形状の変化状態

③ 曳網船間隔の広狭が網漁具に及ぼす影響

④ 浮子の種類、数、配置法の変化による網高さへの影響

⑤ 「寄セ」「寄セ漕ギ」操法中の漁具の変化経過等である

ABSTRACT

It is vital for betterment of the fishing gear and fishing method of two-boat trawler, to analyse the actual fishing operation. The writer has studied this problem since 1952 and devised an automactic net height meter and automatic ground rope indicator in 1953. The first experiment was made in August and September in 1953, and this experiment is mainly concerned of the net for two-boat trawlers. The outline of the experiments is as following.

(1) To find the time needed for the trawl net to reach the sea botton after being thrown outboard in various depths of waters.

(2) To find the horizontal and vertical variation of the fishing gear at the beginning of the operation under two different forms of throwing nets.

(3) To find the influences of the interval between pair boats under operation.

(4) To find the influence of kind of bouys, their number and the arrangement upon the height of the net.

(5) To find variation of the fishing gear under parallel towing and approaching each other at the final stage of the fishing operation.

【項　　目】

まえがき
1. 計測器の原理構造並びにその特性と装着法
(1) 自記式網高さ計
a. 原理に就て
b. 構造概要
c. 特性及び試験結果に就て
(i) 高さ循環試験
(ii) 遅れ試験
(iii) 温度試験
(iiii) 試験後記
d. 装着法
(2) 自記式G.R.展開計
a. 原理に就て
b. 構造概要
c. 性能の概略
d. 装着法
2. 海上実験
3. 使用漁具並びに記録
(1) 漁具
(2) 自記式網高さ計
(3) 自記式G.R.展開計
4. 実験結果の解析
(1) 二艘曳機船底曳網に就て
a. 投網時より曳網初期迄
(i) 投網時より着底迄に要する時間及び高さ
(イ) 網高さ計記録による解析
(ロ) G.R.展開計記録による解析
(ii) 曳網開始と網の前進時期との関係
(イ) 網高さ計記録による解析
(ロ) G.R.展開計記録による解析
(iii) 曳網開始より安定曳網状態に至る迄の経過並びに時間
(イ) 網高さ計記録による解析
(ロ) G.R.展開計記録による解析
(ハ) 自記式張力計記録による解折
b. 曳網期間
(i) 曳網中の曳船間隔と網口高さとの関係
(ii) 曳網中の曳船間隔とG.R.曲線との関係
(iii) 曳網速力と網口高さ及びG.R.曲線との関係
c. 「寄セ」「寄セ漕ギ」期間
(i) 「寄セ」中の網高さ及びG.R.曲線の変化

（イ） 網高さ計記録による解析
（ロ） G.R.展開計による解析
（ii） 「寄セ潰ギ」中の網口高さとG.R.曲線
（イ） 網高さ計記録による解析
（ロ） G.R.展開計記録による解析
d. 揚 索 期 間
（i） 網高さ計記録による解析
（ii） G.R.展開計記録による解析
(2) トロール網に就て
a. 網高さ計による記録の解析
b. G.R.展開計による記録の解析
む す び

ま え が き

底曳網漁業に於て操業中の漁具の状態は現在迄水槽模形実験*若しくは浅海に於ての大型模型の曳網状態を潜水により観察する等の域を出ず、従つて定性的若しくは定量的な各操法毎の漁具の変化状態を知る事は困難であつた。将来漁具並びに漁法を改善するには現漁具の現操法にかける実態を確実に知る必要がある。又現場に於て簡単に計測出来る事がその改善を進渉させる必須條件でもある。以上の目的のために投網時より揚網時迄の立体的要素を求める自記式網高さ計と自記式G.R.展開計（Ground Rope）とを考案し、両者を併用する事に依り網高さ、G.R.曲線は勿論網漁具自体の操法中の各単位に応じた変化具合を立体的に探究し、長所は飽迄助長し、欠点は改善し、より能率的なものとし、再びそれら改善後の実態を計測する事により猶ほ一層の性能改善に資する様に努めねばならぬ。今後この主旨に従つて更に必要な他の計測器も併せ考案し二回、三回と実験を進めてゆく積りである。又本計測器の一つの目的は実験計測器であり、今一つは実用計測器であると信じている。今次実験に於ては計器そのものの性能実験と極く概括的な操業中の漁法、漁具の実態把握に留めたが今後更に深く追及し、必要計測器の考案試作と共に是等の実験を進めてゆき度い。今回は主として二艘曳機船底曳網を対称としての実験結果を報告する。

1. 計測器の原理と構造並びにその特性と装着法

(1) 自記式網高さ計
a. 原 理 に 就 て

今回試作した自記網高さ計は実際に曳網中の網の高さの変化を記録するものであり、当初よりおよそ次のような性能を目標としている。

（1） 高さの測定記録範囲　0～6m
（2） 精　　度　± 5cm
（3） 感　　度　2cm
（4） 温 度 誤 差　0.2 cm/°C以下
（5） 使用水深範囲　0～150m
（6） 水深によつて上記の特性に変化が無いこと。
（7） 傾斜、振動、衝撃、加速度などに対して充分安定であり誤差の生じないこと。

* 田内博士の比較則による網の模型実験

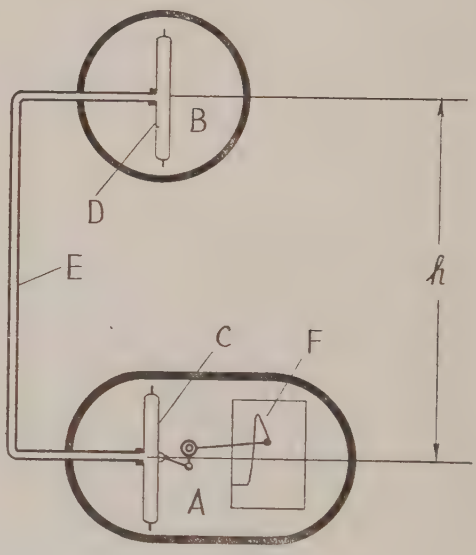
（8） なるべく小型、軽量であること。

以上のように水深0～150mの範囲で常に同一精度、感度を持つことが必要なのであつて、これは甚だ困難なことなのである。一般に考えられるような水面からの深度差（網の底部と上部との水面からの深さの差）を測定するという方法では到底かような精度や感度の要求を満足させることは不可能であるといつてさしつかえない。従つて本器の研究の主眼はこの点の解決に注がれたのである。いくつかの方法が考えられた末に、水深の影響を完全に遮断するという方法が採用された。この方法によつて高い精度や感度を得ることが出来たし、その特性の試験方法なども極めて簡単になつたのである。

その原理は第1図に示すような単純なもので一種の液体圧力計である。Aは本体で記録器でありその中に高さ受圧用の空盒Cと記録装置Fを内臓している。Bは高さを測定しようと思う網の所要個所に取付けるもので、空盒Dを内臓してをり、Aと共に外部と遮断された空気室である。空盒CとDとは連通管で連結されていて、その中に液体が封入してある。Aを網のグランドロープに装着し、Bを網の測定すべき場所に取付ければ、空盒C—D間の高さに相当する圧力が空盒Cにかゝる。今封入液の密度をρ、空盒C—D間の高さをhとすれば空盒Cにかゝる圧力Pは

$$P=\rho gh$$

となる。（A．B両空気室の内圧は等しいから無関係である。）この圧力Pによつて生じる空盒の撓みを拡大して自記時計に記録させれば、網の高さの時間的に変化する様子が判る訳である。



第1図 原 理 図

以上が原理のあらましであるが、こゝに注意しなければならないのは、A，B両室の内圧が常に等しいことが肝要である、ということである。この両室の間に圧力差が生ずる時は、これがそのまゝ誤差となつて現れてくる。A，B両室が常に密閉されたまゝならば問題にないが、A室は記録室でもあり、測定ごとに蓋を外して、記録紙を取出さねばならない。そのためにA，B両室間に大気圧の変化による圧力差の生じる怖れが無いとはいえない。そこでA，B両室共にその一部に小さい開口を設けてあり、これを実験直前に閉じて外部と遮断し、両室内に同圧、同温度の空気を封じ込むようになつている。

その他、温度誤差や記録時の時間的遅れなどについては後の試験結果の項で述べることにする。

b. 構 造 概 要

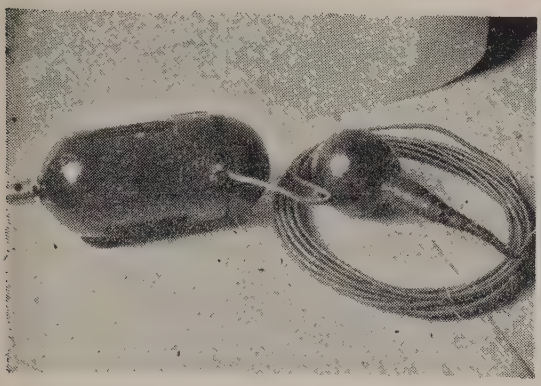
本器は前項で述べたような原理にもとずいて設計したもので、その外観を第2図に示す。又第3図はその耐圧覆いを外して内部構造が判るようにしたものである。

その構成は大別して本体（A）案内球（B）連通管（E）の三つの部分から出来ている。

以下各部に別けて説明する。

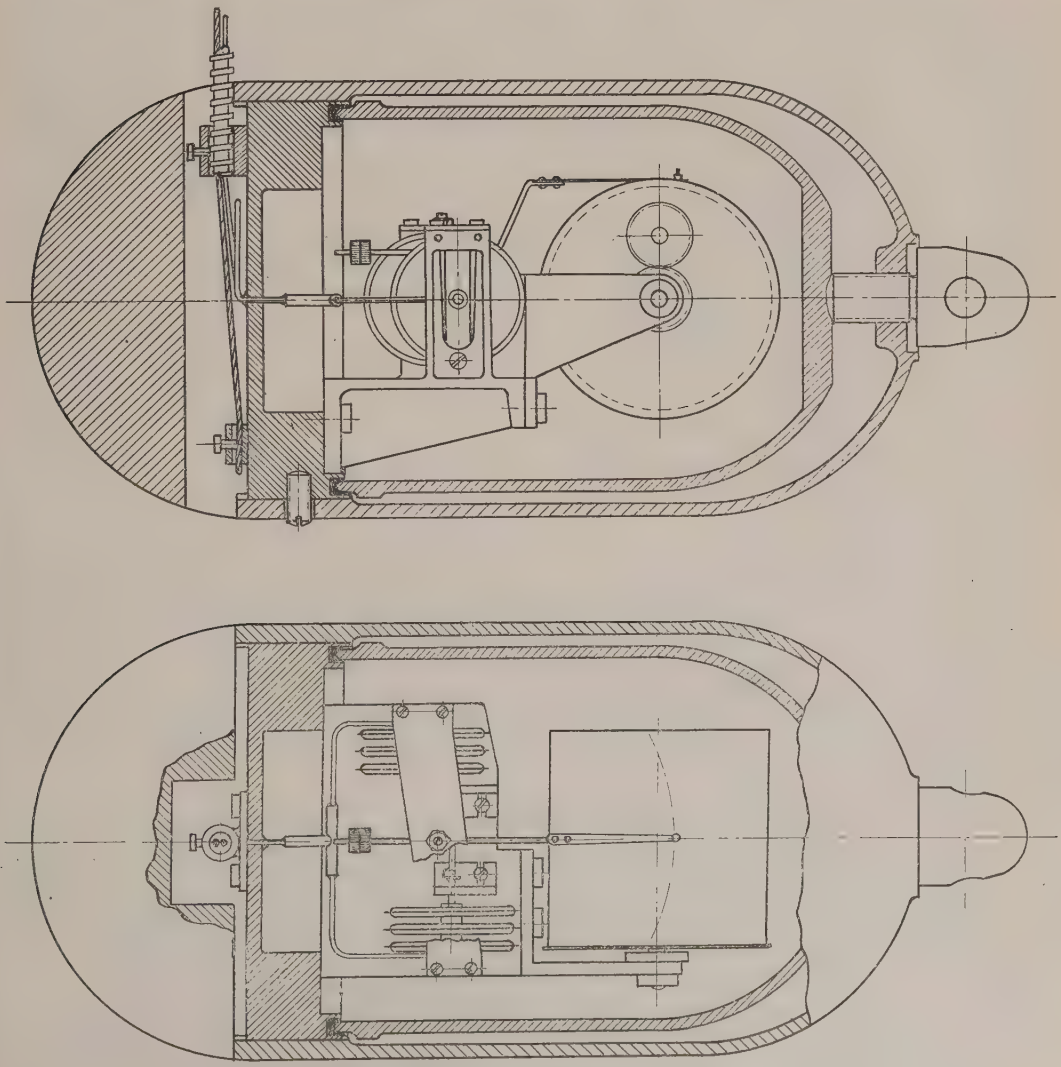
（i） 本　　体

本体は第4図のように、内部に2組の空盒群、拡大機構及び記録ペン部、自記時計装置等がありそれ等を覆つて耐圧覆いとその締め金具等から出来ている。



第 2 図　網 高 さ 計 外 観

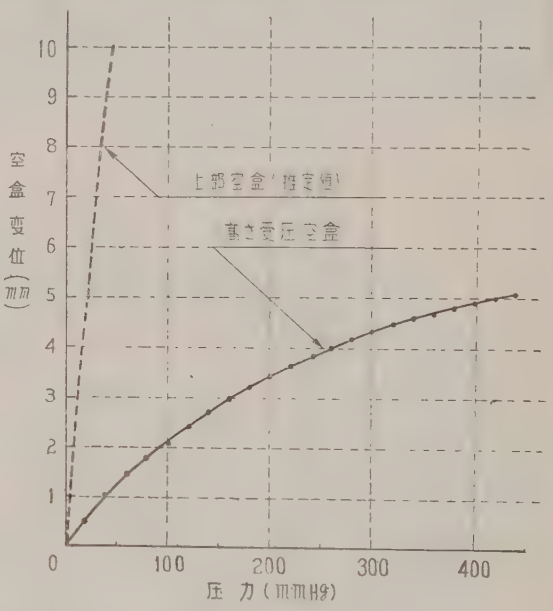
第 3 図　覆を外した所



第 4 図　本 体（記録器）の 構 造

最初は内部に安全装置を設けたのであるが、試験の結果、余りにも時間的遅れが大きくなるので取外ずしている。安全装置は連通管が切断した場合水圧が空盒にかゝつてこれを破壊して、本管内部に海水が浸入するのを防ぐ目的のものである。その構造が毛細管の両端圧力差を利用したものなので、記録ペンの時間的遅れが大きくなつて了うのである。内器保護の上からは是非共装備したいものであるから、今後遅れの少ない構造を研究して行きたいと思つている。

空盒は洋銀製で、外径54mm、板厚0.15mmのものを1組3個づつ、対称的に配置し合計6個用いている。この配置は漁研型精密空盒気圧計*と全く同じであり、傾斜、振動、加速度などによつて誤差が生ずるのを防ぐためのものである。同時に本器は記録式でペンの摩擦が大きいからそれに充分対応出来る回転力を与えるためでもある。この空盒（1組）の特性は第5図に示すように非直線性を有するものである。



第5図

空盒の撓みはリンクで回転運動に変換され0～50°の回転範囲を持つている。空盒の撓み量と、それに対する記録ペンの記録巾との比、即ち拡大比は平均13である。リンクの回転部分は完全な平衡を保つように平衡重量を附してある。

又空盒の撓み範囲を制限するために、stop-perを設け、0mを基準として上方に対し6.3m、下方に対しては−0.3mで抑えてある。故に記録ペンは−0.3m～6.3mの範囲以上を記録しないし、時にこの範囲以上の状態になつたとしても、空盒が永久歪を起したり、記録ペンが記録紙面から逸脱して、記録が不可能になると云うようなことはない。

自記時計には一般気象器械に使用されているドラム型のものを用いた。この時計は本器のような激しい振動、傾斜、加速度などのある状態で使用するものでないので、必ずしも適当ではない。しかもドラムの回転軸廻りの慣性能率は非常に大きく、加えて不平衡である。そこで取敢えず回転軸廻りの平衡を保つように、平衡重量を附けて使用した。ドラムの直径は93mm、1回転6時間、従つて毎分当りの記録紙の送りは0.81mmである。実地試験の結果は一応使用に耐え得るものであつたが、回転部に多少の「ガタ」などがあり、今後はあらゆる点でもつと本器の使用状態に適する自記時計を使用するつもりである。

以上の空盒部、拡大機構部、自記時計装置の各部を覆つて、水密の耐圧覆いがある。この耐圧性は水深150mでも充分耐え得るように設計してある。更に耐圧覆いを覆つて締め金物があり、網目に引掛らないように鐘型にしてある。これは同時に流体抵抗の減少をも目的としてをり、本体前面部の木製整流覆と相俟つて抵抗係数をかなり小さくしていると思う。流速1.5m/snに対する抵抗は抵抗係数を0.3として計算すれば0.9kgであつて僅かなものである。

尚構造に用いた材料は主としてネーバル黄銅、青銅で締め金物はヒドロナリユウムである。

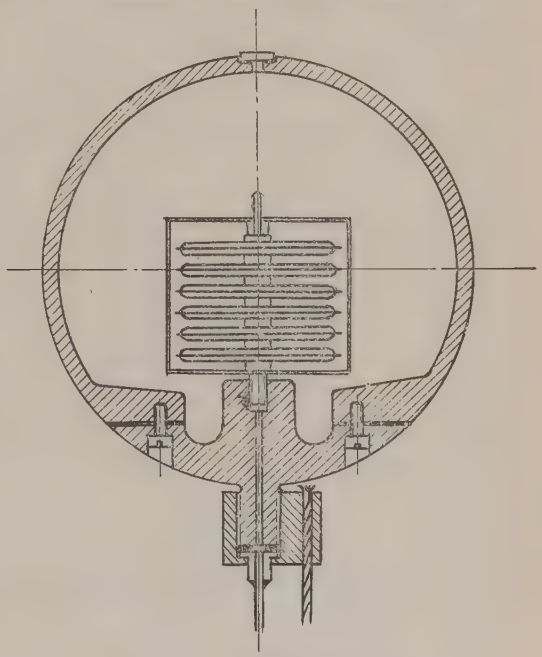
---

* 漁船研究技報第4号、精密空盒気圧計の試作研究

(ii) 案　内　球

本体がグランドロープに取付けられるのに対し、案内球は網の高さを測定したい個所に取付けるので、網なりに狂いを生じないことが必要である。そこでなるべく小型軽量に設計した。本体と同じ耐圧性を持つ球体は材料にヒドロナリユウムを用いたので、空中重量は僅か1.4kgである。その体積は$1.45\times10^3cm^3$であるから、水中ではほゞ中性となつている。

従てつ案内球つ取付けによつて、網なりがくずれる怖れはない。又曳網中の流体抵抗を計算すれば1.5m/s の流速で約0.8kg となり、本体と殆ど同じになる。これはレイノルヅ数が2×10^5で限界レイノルヅ数附近にあり、抵抗係数が急激な変化を生ずる点にあるためである。即ち、球の抵抗係数はレイノルヅ数4.5×10^5以上ならば 0.08 程度であるが、2×10^5の場合には0.45となつて約6倍になるのである。従つて本体の抵抗と同じという異状な結果になるのである。しかしこの程度の抵抗は、網なりに大きな影響を与えるものではないと思う。



第 6 図　案内球の構造

球体の内部は第6図のように6個の空盒が直列に配置してある。この空盒は直径54mm、厚さ約0.09mmでその剛さは第5図に推定値を載せておいた。本体空盒との剛さの比は約$\frac{1}{10}$のものであるが、この比は出来るだけ大きいことが望ましい。

空盒の一端は連通管に通じて内部に10%エチルアルコールを封入してある。

(iii) 連　通　管

連通管は本体空盒と案内球空盒とを連通するもの、内径1.6mm、外径2.8mmの銅製細管である。長さは網の各部の測定に充分なように16mにした。この銅管は機械的強度が充分でないので、別に直径4mmの鋼索を沿はし連通管に張力がかゝらないようにしてある。銅管と鋼索は一本の蛇管の中に入れて取扱いに便利なように考慮した。

外径2.8mmの銅管はかなりの柔軟性を持ち、使用上の不具合は無いが、長期の使用では折曲げの繰返しを受け破損し易いという弱点がある。この点に関する限りゴム管が有利であることは云うまでもない。しかしゴム管では水深150mの圧力で歪みを生じないものを得ることは困難であるから、現在のところ銅管を用いるより手段が無いのである。

c. 特性及び試験結果について

本器の特性は一応外圧に無関係であり、その内圧は大気圧の範囲であるから試験は大気圧のもとで行えて極めて都合がよい。かように試験を大気中で行えるということが、本器の特徴の一つでもあつて、精度の向上に役立つている。次に試験結果について述べよう。

(i) 高さ循環試験（精度及び感度試験）

この試験は精度や感度を調べる目的のもので、本体及び案内球を密閉しないで行つた。従つて当日の気圧、気温の條件下で行つた訳である。

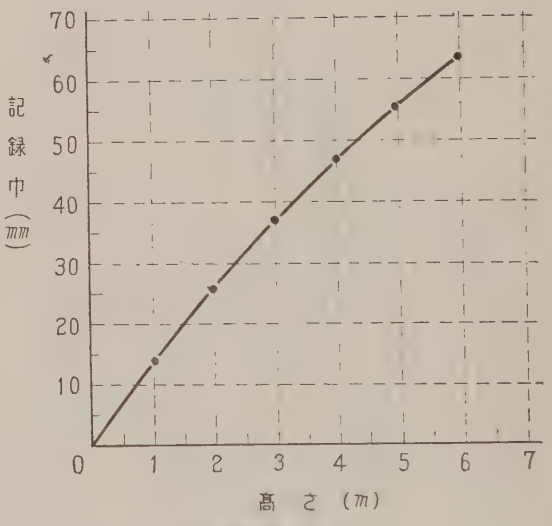
第1表及び第7図は実際に案内球に与えた高さと記風紙上に於ける記録巾との関係を示すもので

ある。これで判るように高さに対する記録巾は等斉になつていない。これは次のような理由による。曳網中の網口（曳網中の最も高い部分）の高さは模型実験等からおよそ2m前後と推定されているから、この附近の記録はなるべく精密に読みたい訳である。又停止中の網口の高さは5～6mぐらいと推定されるので、この辺の測定精度は或程度下げても構はない。それで斯様な不等斉な記録巾にしたのである。等斉な記録巾にすることは単に機構上の問題であつて、容易なことなのであるが、使用目的によつて、記録整理上の不便を忍んでも不等斉にしたのである。

第1表　高さ循環試験成績

記録巾(mm) ＼ 高サ(m)	0	1	2	3	4	5	6
上昇	0	13.6	25.5	36.6	46.6	54.6	63.2
下降	0.2	13.8	26.1	37.1	46.7	54.9	
ヒステリシス	0.2	0.2	0.6	0.5	0.3	0.3	
同上換算値(cm)	1.3	1.5	5	4.5	4	4	

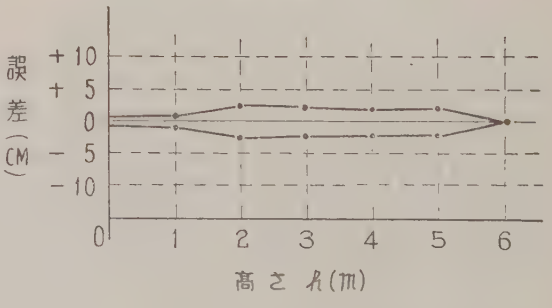
感度は1cmまで充分あるから要求以上の成績である。又ヒステリシスは第1表及び第8図のように最大値5cm生じている。これは空盒を使用している以上止むを得ないものである。但しこの試験の1mごとの留め置き時間は2分であつたから、少し大き目に出ていると思う。この循環試験成績によつて記録の基準スケールを作成する訳であるが、ヒステリシスがあるので、その中間を取つて基準とすることにした。この結果精度は各高さについてヒステリシスの½になるので、最大±2.5cmとなり、目標以上の好成績が得られた。



第7図

(ii)　遅れ試験

本器は空盒を用いた液体圧力計であるから空盒の撓みによつて上下空盒間に容積変換が行はれる。従つて上下空盒を連結する連通管内に流動が起つてくる。流れが起きれば連通管内に抵抗を生じ、このため与えられた高さ(圧力)に対する記録ペンの動きに、相当の時間的遅れを生じてくる。この遅れ時間をtとすれば管内の流れは層流と考えられるからポアザイユ（Poiseuille）の式が成立つ。これを変形して次のような関係で表すことが出来る。



第8図　器　　差

$$t = \frac{8\mu l}{\pi r^4}\,\frac{v}{p}$$

但し　μ……液体の粘性係数

l……連通管の長さ

r……管の内径

p……空盒C—D間の圧力差（高さ）

v……容積

上式から遅れtを少くするには、第一に管の内径を大きくすること(4乗で効くから最も効果が大きい。)第二に封入液の粘性係数μの小さいものを用いること及び管の長さlを短くすること、第三に容積変換量Vを小さくすることなどが考えられる。本器の場合では管の内径を大きくすることが、同時にその剛性を高め屈曲に対する柔軟性を少なくして了うので自ら限度がある。粘性係数もエーテルのような小さいものを（20°Cで 2.34×10^{-3} poise 同温の水の 10.06×10^{-3} poise の$\frac{1}{5}$に近い）使用すれば極めて有利であるが、エーテルは体膨脹係数が水の約8倍もあつて、この面から生じる温度誤差（後に述べる）が問題になつてくる。又管の長さも使用條件で決定されるので余り短くすることが出来ない。

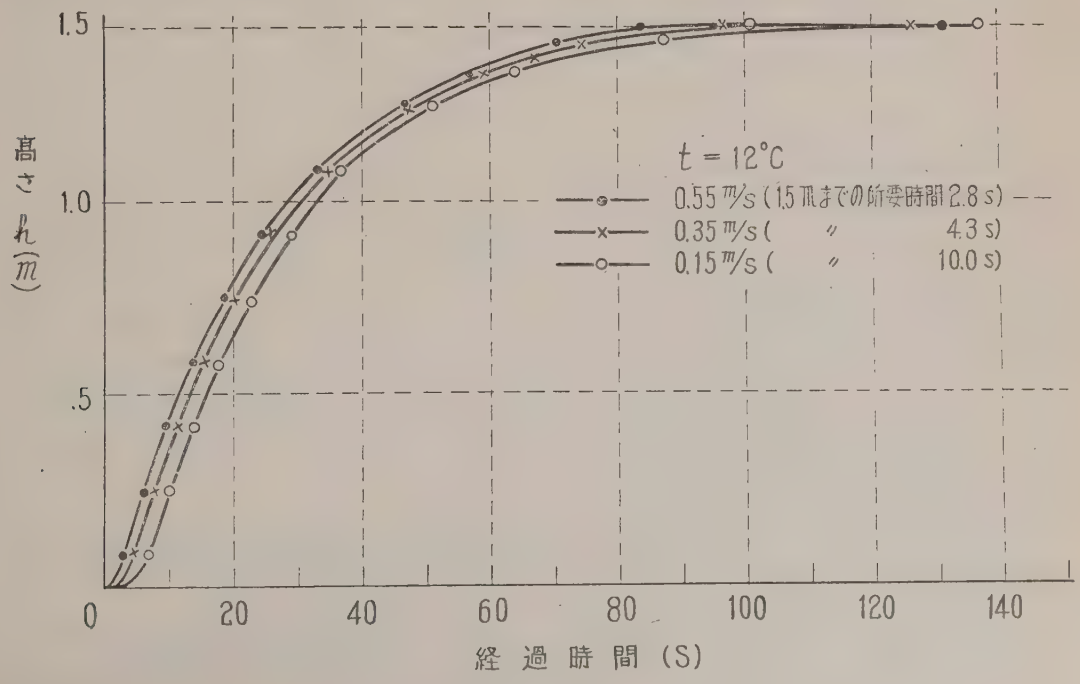
以上のことを考慮して決定したのが、既に述べた内径1.6mm、外径2.8mm、長さ16mの銅管であり、封入液は10%エチルアルコールなのである。元来封入液は前記体膨脹の点で水を用いたい所であるのを冬期の凍結を考慮して10%エチルアルコールを採用したものである。

試験の結果はかなりの遅れを生じている。その試験を二つの方法で行つたのであるが、次にそれらについて説明する。

（イ）上昇（或は下降）速度の変化に対する遅れ

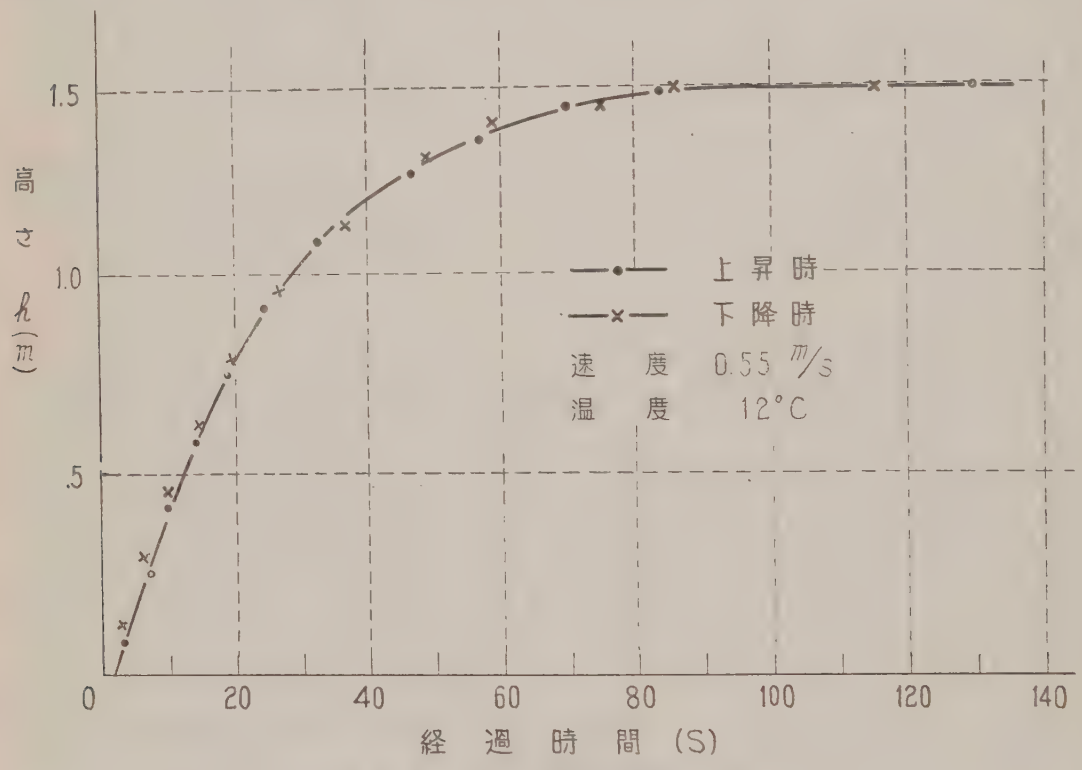
一定の高さに対し、案内球を昇降させる速度を変えた場合遅れがどのように変化するかを調べたのがこの試験である。

第9図は高さ1.5mを昇降するに要する時間を変えて（2.8秒、4.3秒、10.0秒）その速度を0.55m/s, 0.35m/s, 0.15m/sの三種とし、遅れの経過を調べたものである。この結果は遅れが昇降速度に大きな影響を持つものでないということを示している。0.55m/sと0.15m/sとの間にはその経過時間に約4秒の差があるが、定常状態に達する時間約90秒に対しては5%以下で僅かなものでしかない。要するに高さが急激に変化しても、緩慢に変化しても記録ペンの記録速度には余り相違が無いということである。



第9図

尚第9図に示す結果は上昇の場合のものであるが、下降の場合も全く同様な経過を示していて、昇降には殆ど無関係である。第10図は昇降速度0.55m/sに於ける上昇時と下降時の経過を、同一坐標の上に書したもので殆ど両者の間に相違の無いことが判る。尚ほ0.35 m/s, 0.15m/s の場合も全く同様なので図には省略しておいた。



第 10 図　上昇時と下降時との遅れの比較

（ロ）　高さと遅れとの関係

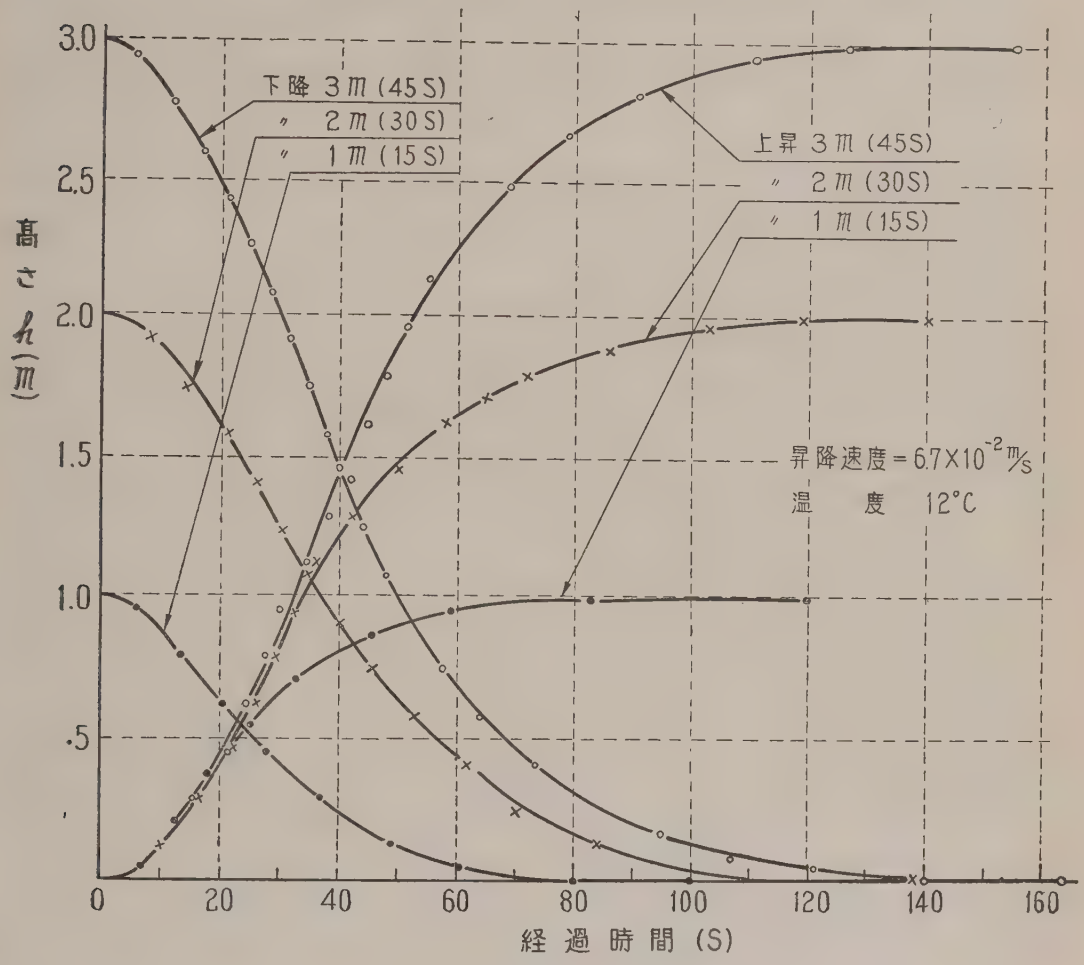
高さの相違によつてどのように遅れが変化するかを調べた結果が第11図であつて、高さの大きくなるに従い遅れは大きくなつて来る。実験は案内球を高さ1mに対し15秒の割合で上昇(或は下降)させたもので6.7×10^{-2}m/sの一定速度である。実験装置の都合で3mまでの試験しか行つていないが、これでも大略遅れの傾向が判断出来る。

この場合遅れ時間tに関係があるのはVとpとであつて、l, rは一定であり、μも亦試験中に温度変化が無かつたから一定で無関係である。従つてV/pが高さに関係無く一定であれば遅れも亦一定となる筈である。然しながら試験の結果は第11図のように、高さの増大に伴つて遅れも増加している。この遅れの定常状態になつた時の時間tとその高さhとの関係を両対数グラフの上にプロットすれば第12図のように直線的となつて次式で表される。

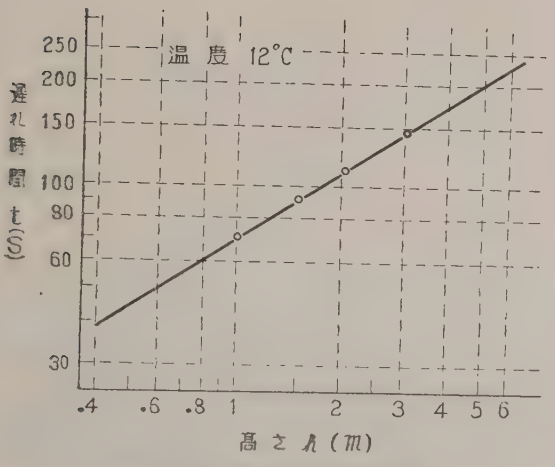
$$t = kh^{0.65}$$

この関係から試験をしていない4m以上や1m以下の高さの遅れも推定出来る訳で、それらを表示すれば第2表のようになる。

尚この試験に於ても上昇時と下降時との比較をしているが、第10図で明らかなように、両者の間には殆ど相違が無い。これは前項(イ)の場合と同様であつて、上昇時と下降時の遅れに関しては、昇降速度にも高さの相違にも関係が無いと云うことが出来るのである。



第 11 図　高さに対する遅れ試験



第 12 図　高さと遅れとの関係

第 2 表　高さと遅れとの関係 (12°C)

高　さ (m)	0.5	1	2	3	4	5	6
遅　れ (s)	42*	70	110	140	170*	195*	220*

註　* 印は計算値

以上(イ)(ロ)両試験で遅れの様子がほぼ判明した。実際に底曳網に取付けて使用する時は過渡的な現象を測定するのでは無いから、このくらいの遅れがあつてもさしつかえないと思う。又以上の試験温度は 12°C であるから水温がこれより高ければ粘性係数が小さくなり遅れも小さくなつてくる。反対に水温が低い時は遅れも大きくなつて 0°C では約1.5倍になる。

斯様に任意の温度に対する遅れは液の粘性係数から簡単に計算出来るのである。

(iii) 温度試験

本器は温度変化に対して或程度の誤差を生じる。その原因についてはおよそ次の四つを考えればよいと思う。

(イ) 封入液密度の温度変化

(ロ) 封入液の体積膨脹による空盒内圧の変化

(ハ) 本体、案内球両空気室の内圧変化

(ニ) 空盒特性の温度変化

以下それぞれの項について検討してみることとする。

(イ) 封入液密度の温度変化

この影響は原点（高さ0m）では現れないもので、高さを与えた時にのみ生じるものである。使用液10%エチルアルコールの密度は0.982g/ml（20°C）でその温度係数は -2.6×10^{-4}/°C である。本器は海中で使用するものであり、海水の温度は気温のように大きな変化が無いから、一応その温度変化範囲を20°C とすれば -5.2×10^{-3} で約0.5% の変でを生じるだけである。これは高さ6mに対しても3cmであり、2mでは1cmであつて、要求精度以下の数字で問題にならない。

(ロ) 封入液の体積膨脹による空盒内圧変化

一番問題なのがこの体積膨脹の影響である。案内球内の空盒が無く、連通管の上端が開放されていればこの影響は無視されるのであるが、本器の使用状態を考えれば、これは取るべき手段ではない。そこで案内球内空盒の剛さを極力小さくして、解放に近い状態になるようにしたのである。

封入液の全容量は110cm^{3}で10% エチルアルコールの体膨脹係数が 2×10^{-4}/°C（20°C）程度であるから、20°C の温度変化に対する体積変化は0.44cm^{3}である。この体積変化によつて空盒内部の圧力に変化が起つてくる。前記のように上端が開放されているか、案内球空盒の剛さが0であれば、圧力変化は起きないが、空盒の剛さを0とすることは構造上不可能に近いから、多少の圧力変化を生じるのは止むを得ない。空盒内圧が変化すれば本体の受圧空盒に撓みを生じて誤差となつて現れてくる。使用空盒の特性は第5図のように、案内球空盒と本体受圧空盒との剛さの比は約1/10程度にしてある。かようにして温度誤差を減少させるとともに受圧空盒の感度増大を計つているのである。

(ハ) 本体、案内球両空気室の内圧変化

これは本体、案内球共にその空気室の体積は一定（温度変化で生ずる空盒の撓みによる体積変化は空気室の容積が大きいから問題にならない。案内球の場合でもその比は $1:4\times10^3$ 程度である）であるから温度変化によつて起きる圧力差は殆んど無く、これによる誤差は生じない。

今両空気室を閉塞した時の圧力をP、温度をtとし、これがtからt′へ変化した時の圧力をP′とすれば

$$P'=P\ \frac{V}{V'}\left(\frac{273+t'}{273+t}\right)$$

として与えられる。上式中体積比V/V′は1であるからP=760mmHg, t′−t=20°C としてP′を求めるとP′=815mmHgとなつて、55mmHgの内圧変化となる。しかし両室とも同じ圧力変化であるから、高さhに対する圧力ρghには無関係であつて、誤差の原因とはならないのである。唯過渡的には或程度の誤差が生じる恐れがある。それは本体空気室と案内球空気室との容量の相違及び構造の違いによる熱容量、伝導度の相違から内部空気の温度変化に時間的なズレを生じ、両空気室間に内圧の差が起きてくる。本器では案内球空気室の方が早く外部温度に順応するから、過渡的には温度上昇時で＋の誤差、下降時では－の誤差となつて現れる傾向を持つ。これは現在の機構では止

むを得ない現象であつて、その対策は簡単である。本体空気室と案内球空気室とを細い管で連通すればよい訳で、この管は内径0.5mm程度のもので充分であり、連通管が一本増加するという欠点の外は精度が高く、使用法も簡単になるという利点がある。今後製作するものにはこの方法を採用して少しでも誤差の生じる原因を取除きたいと思つている。

（ニ）空盒特性の温度変化の影響

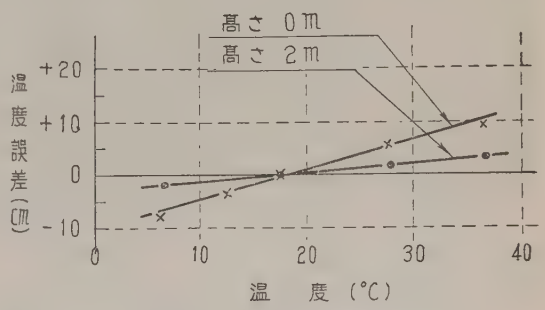
温度変化によつて空盒材料のヤング率が変化し、それが空盒の特性に影響して誤差を生じる。その影響は空盒内外の圧力差に比例して大きくなる。従つて原点（高さ0m）に於ける誤差は全くない訳であるが、空盒内圧を＋10mmHg程度にしてあるので、僅かな誤差を生じることになる。

空盒材料（洋銀）のヤング率の温度係数を -4×10^{-4}/°C、空盒内圧＋10mmHg、温度変化10°Cとして空盒の温度変化量を計算すれば 3×10^{-4}mmとなり、高さに換算しても僅か0.3cmに過ぎない。同様に高さ2m，6mの場合について計算すると夫々2cm，5cmとなつてほぼ1%の誤差である。これはバイメタルの補正装置で簡単に解決がつくのであるが、今回は許容誤差以下であるという理由で、一応補正無しで行くことにした。

尚空盒材料の熱膨脹の影響は、膨脹係数がヤング率の温度係数より、1桁もorderが低いから無視してさしつかえないのである。

以上温度誤差についていろいろと述べて来たが、本器の温度試験の結果は第13図に示すようなものであつた。（何れも温度変化を与えて1時間後）

原点（高さ0m）の温度誤差はかなり大きく、10°Cの温度変化で平均5cmの誤差を生じている。この誤差の原因は、すべて(ロ)の封入液の膨脹（收縮）による空盒内圧の変化であると云えよう。基準スケール作成の時の試験温度を15°Cとすれば、5°～25°Cの範囲の水温での使用には補正しなくとも ±5cmの精度は保つことが出来るわけである。



第13図　温　度　誤　差

ところが、高さ2mになると、温度誤差は急激に減少している。この誤差の中には(イ)封入液の密度（ロ）封入液の膨脹（ニ）空盒特性の変化の三つが含まれている。10°Cの温度変化に対する（イ）（ロ）（ハ）の綜合された誤差の計算値は6cmである。それにもかゝわらず実験値は、わずか1.5cmで計算値と大きく喰違つている。これは極めて都合のよい傾向であるが、理論と一致しないので問題である。その原因は現在のところよく判らないが、実験回数も少ないし、確定的なものとは云えないので、目下いろいろと実験を行つている。この結果によつて、かような温度誤差の特異な状況もはつきりと把握できると思う。そうすれば、適確な補正装置を考えることも出来るのであつて次の機会には報告出来るつもりである。

（iiii）試　験　後　記

本器の設験を通じて今後改良すべき点などについて、重復する点もあるが述べてみよう。

イ．連通管の機械的強度が充分でない。――これを強くすると管の柔軟性が失はれるので、充分な耐圧性（20kg/cm² 程度で歪の出ないもの）のあるフレキシビリテイーのよい管が出来ないと解決しない。目下何れをも満足するような方法を考究中である。

ロ．温度誤差は空盒の剛さの比を大きくすることと、バイメタルの補正装置を使用することか両空気室を連通する方式によつて少くする様にしたい。

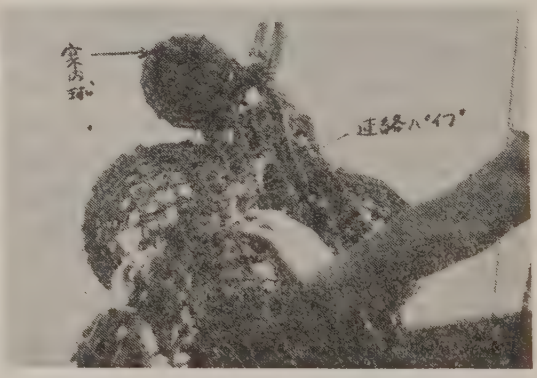
ハ. 現用の封入液（10%エチルアルコール）をエーテル、二硫化炭素のような粘性係数の小さいものに変えれば、遅れ時間は非常に少くなる。——例えばエーテルの場合は現在の約1/5、二硫化炭素の場合は1/3となる。但し両者共に体膨張係数が大きいから温度補正装置を必ず用いなければならない。故に粘性係数も膨脹係数も共に小さい液体を使用するのが最も望ましい。

以上の諸点を改良すれば尚一層精度、感度の高い測定器になると思う。後述の実地試験の結果は一応満足すべきあつたし、上記の諸欠点を除けば実用性に於ても充分なものとなるであろう。

d. 装　着　法

網各部の高さは一応下の基準を海底面とする。従つて本体（記録装置）は中央部G.R.の側即ち水戸口の処に第14図に示す様に下網の上に乗せG.R.後方に縛着する（改良型はバンドで締着する様にした）。案内球は第15図の様に計測し様とする個所に網袋に依つて縛着し、連通管は網の内側を通り網地にそわせて結はせ、数ケ所を網地にゆつくりと結ぶ。この要領を示したのが第22図の右端のものである。

第 14 図　本体（A）をG.R.に装着したところ

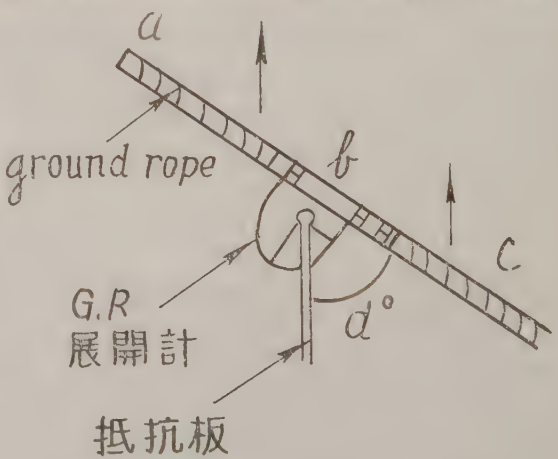


第 15 図　案内球を前天井に装備したところ

(2)　自記式G.R.展開

a. 原　理　に　就　て

底曳網曳網中のG.R.は或る曲線を保つて曳網される。G.R.曲線の或る一小部分を区切るとそれは直線と見做す事が出来る。第16図に示す様にその直線部分abcは矢印の方向に斜行している事になる。その矢印の進行方向とabcとのなす角度を計ればG.R.の小部分の直線は作図出来る。従つてこの計測場所を予め既知の処に数ケ所設ければこれら小直線部分の連結により全体のG.R.曲線を作図に依り求める事が可能となる。計測場所は出来る丈数多く計測間隔を狭める程滑らかな曲線が得られる。G.R.は常に海底に接して曳かれるものであるから、泥土に常に刺さり平面的回転自由な柄の先に抵抗板を設ければ抵抗板及び柄はG.R.進行方向に泥土の抵抗に依つて併行する。この抵抗板がをG.R.abc と平行する位置を零度とすれば抵抗板角度は abc とその進行方向とのなす角度となる。



第 16 図　自記式G.R.展開計の原理

b. 構造概要

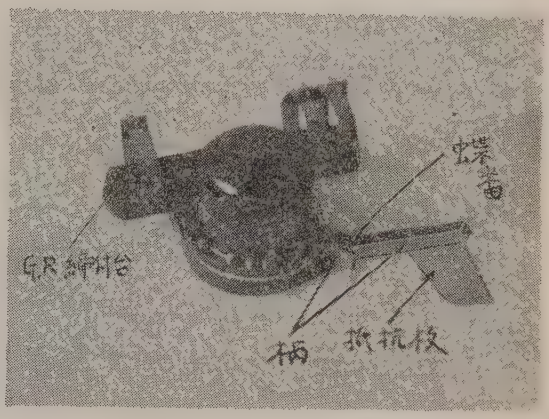
本器はその外観を第17図に示す。第18図はその耐圧覆いを外して内部構造が判る様にしたものである。

その構成は大別して次の三つの部分からなつており、総体の空中重量は13.5kgである。

（i） 基台

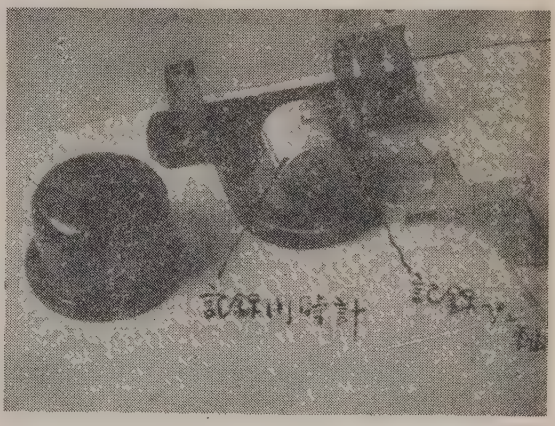
（ii） 記録装置

（iii） 抵抗板装置



第 17 図　自記式 G.R. 展開計の外観

（i） 基台はG.R.を取付ける締付台と一体をなしている記録装置を乗せるものであつて、その詳細は第19図、第20図と第3表に示す通りである。大きな部分の材料は軽量にして耐蝕性を持つものと云う條件でヒドロナリウムを用いた。台金①の上にG.R.を乗せ、真鍮製のバンド⑫でG.R.を締括して取り付ける様にしてある。G.R.締付台金の長さは38.8cmであつて、締付バンドの内径は12cmである。G.R.の大小により締付バンドを調整して装着出来る様にした。記録装置をのせる基台の一部即ちG.R.締付台金に平行になる線より90°外方に¼円丈切堀りそれに抵抗板柄を置き自由に0°より90°迄平面的に回転出来る様にしてある。



第 18 図　自記式 G.R. 展開計の耐圧覆を外したところ

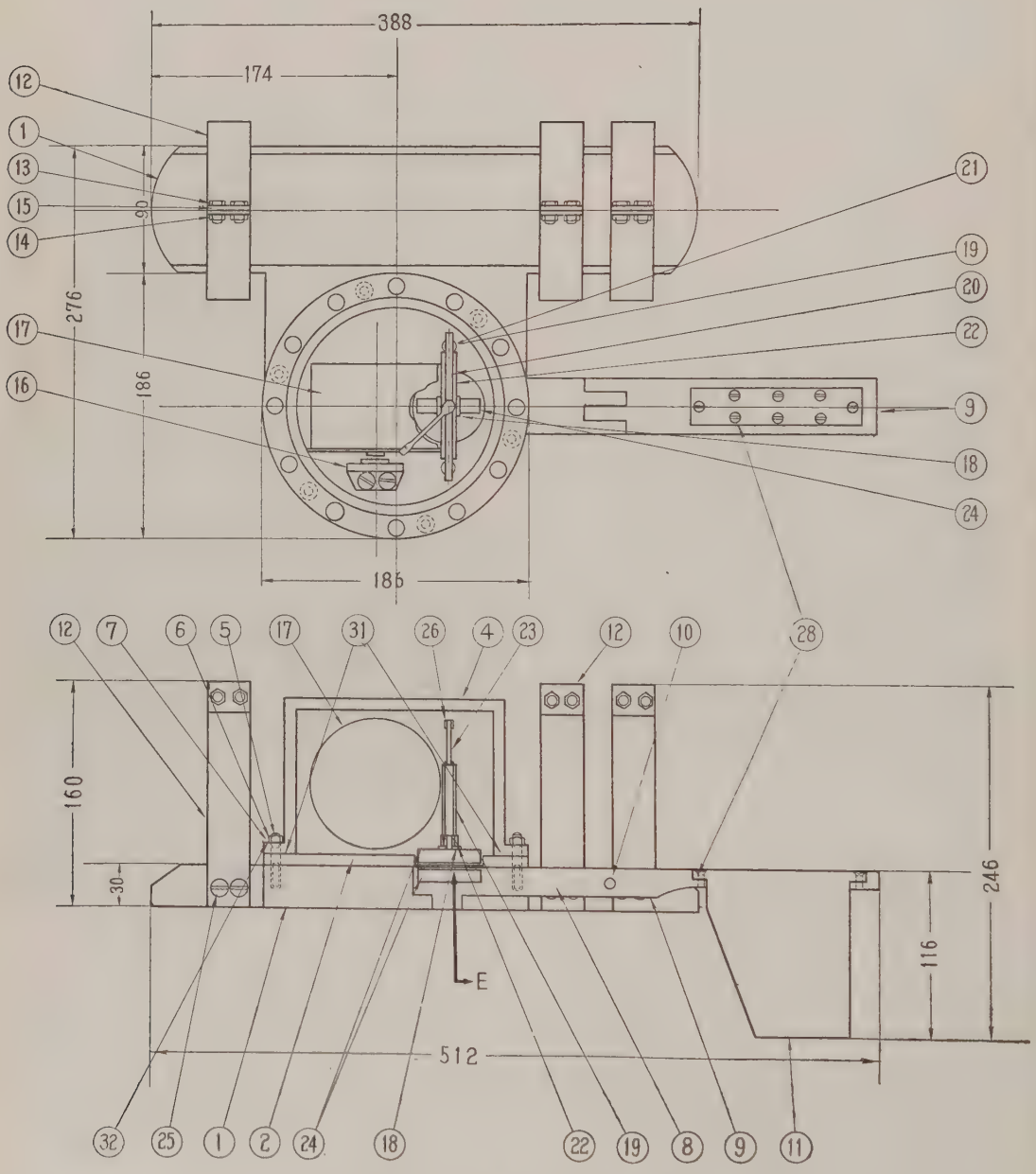
（ii） 記録装置

真鍮製の厚さ8mmの円板上に6時間で一回転する自記時計（自記式網高さ計に使用してあるもの、紙送り8mm/min）を図の様に取り付け、抵抗板柄の回転中心部を直径48mmの円だけ肉厚1.5mm残して削り取り、その中に長さ45mm, 3000gaussの磁力を持つ四形磁石を0.5mmの間隙で取り付け、その中心部に支柱を立てその先端に長さ90mmの記録ペン板を取り付け、記録時計上に至らしめてある。ペン軸の回転角は90°で記録ペンの記録巾は80mmである。

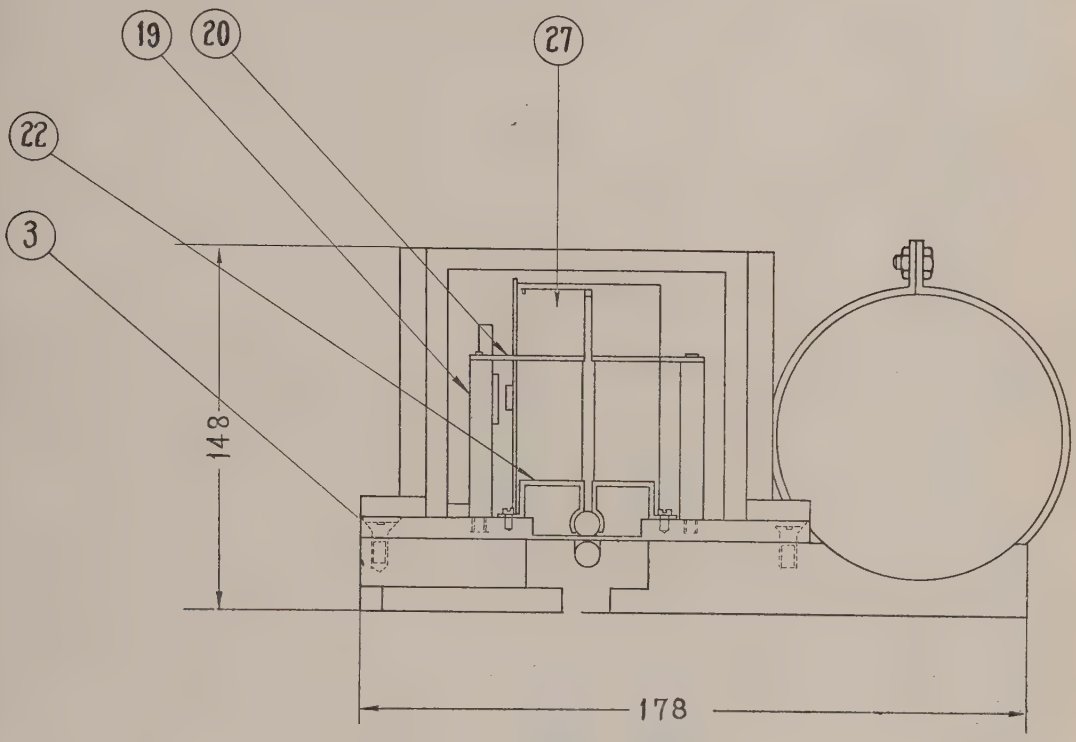
水深150mの圧力に充分耐える外蓋をそれらの上に覆て、ボルトで締付け、その間にゴムパツキングを入れ水密を完全にしてある。

（iii） 抵抗板装置

真鍮製で回転中心よりの長さ315mmで、95mmの処を蝶番として上下に15°宛自由になる様にして海底の起伏に追縦して常に抵抗板が泥土に刺さつている様にしてある。回転中心に前と同一の磁石を嵌込み記録装置の磁石と対応させ抵抗板柄の平面的回転を記録装置に台金の1.5mmの肉厚を通して伝達させ、記録装置内への水密を完全ならしめてある。抵抗板の前縁及び底部は鋭利なエツヂとして泥への切り込みを良好にし、前縁は後方に20度の傾斜を持たせ抵抗板の海泥土への形状に応じ、追縦性を良くした。



第 19 図 G.R. 展開計平面側面図



第 20 図　G.R. 展開計右側面図

第 3 表　G.R. 展開計各部名称及び材料

番号	名称	材料	備考	番号	名称	材料	備考
1	基台	ヒドロ		15	同上ワツシヤー	真鍮	クローム鍍金
2	記録装置取付台金	真鍮	クローム鍍金	16	時計支工金	〃	〃
3	② 締付ビス	〃	〃	17	時計	〃	6時間用
4	蓋	ヒドロ		18	マグネツト保持鍔	〃	
5	蓋締付ケ立込ボルト	真鍮	クローム鍍金	19	ペン回転軸支エ板用支柱（下）	〃	
6	同上ナツト	〃	〃	20	〃 （上）	〃	
7	同上ワツシヤー	〃	〃	21	同上 止メビス	〃	
8	抵抗板柄（前）	〃	〃	22	ペン回転軸支エ板（下）	〃	
9	〃 （後）	〃	〃	23	ペン回転軸	〃	
10	同上蝶番用ピン	〃	〃	24	マグネツト	MK鋼	3000ガウス
11	抵抗折	〃	〃	25	バンド取付ケビス	真鍮	クローム鍍金
12	G.R. 締付バンド	〃	〃	26	ペン軸座金	〃	〃
13	バンド締付ケボルト	〃	〃	27	記録ペン	〃	〃
14	同上ナツト	〃	〃	28	抵抗板止メビス	〃	〃

29	ペン回転軸支エ板止メビス	真鍮	〃	31	パッキング	ゴム	厚サ2m.m
30	時計支エ金止メビス	〃	〃	32	ワッシャー	真鍮	クローム鍍金

c. 性能の概略

(1) 記鉄範囲　0°～90°
(2) 精度　0.5°
(3) 耐用水深　150m
(4) 重量　空中重量 13.5kg
(5) 大さき　第19図、20図の通り

本器は進行方向の裏側にあつてG.R.の蔭になり流水抵抗によるG.R.の変形は殆んどない。又泥土との間に生ずる抵抗は本器の性能発揮の條件として海底面に対して基台底面が平行にある事が主要な事であり、その様にG.R.に装着するので海底土との抵抗によるG.R.の変形は殆んどない。

d. 装着法

原理の処で述べた様に、前以つて荒手端よりの長さが計測してあるG.R.の既知の部分数ケ所に装着して計測するのである。今次実験では試作が1台であつたゝめ同時計測はしなかつたが、同條件下に於て数回計測したが大した誤差はなかつたと考えられる。本器が海底面と或る角度を持つて装着されると測角した記録は無意味なものとなるので基台の底部が海底面と平行に接する事が必要である。従つてあらかじめG.R.の摺れている部分を良く調べ海底に於て本器が傾かない様にG.R.に取り付ける。又G.R.の進行方向の逆の方向に取り付けねばならぬ。従つて今次試作器は左G.R.用のものである。その使用中の状態を表はしたものが第21図である。

2. 海上實驗

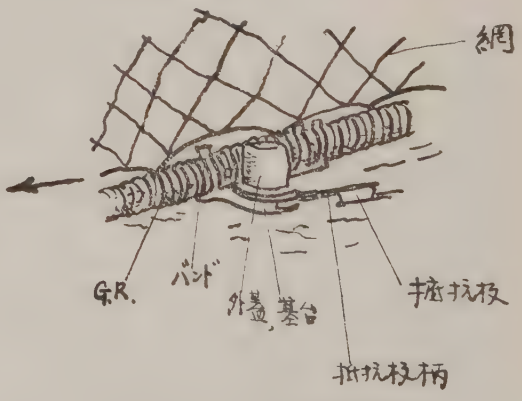
(トロール網実験)

日時　昭和28年8月9日
場所　萱井島沖（山口県）
実験船　天草丸　総屯数270屯
機関　Steam Engine
日本水産所属

計器の不慮の事故のため一回で中止

(二艘曳機船底曳網実験)

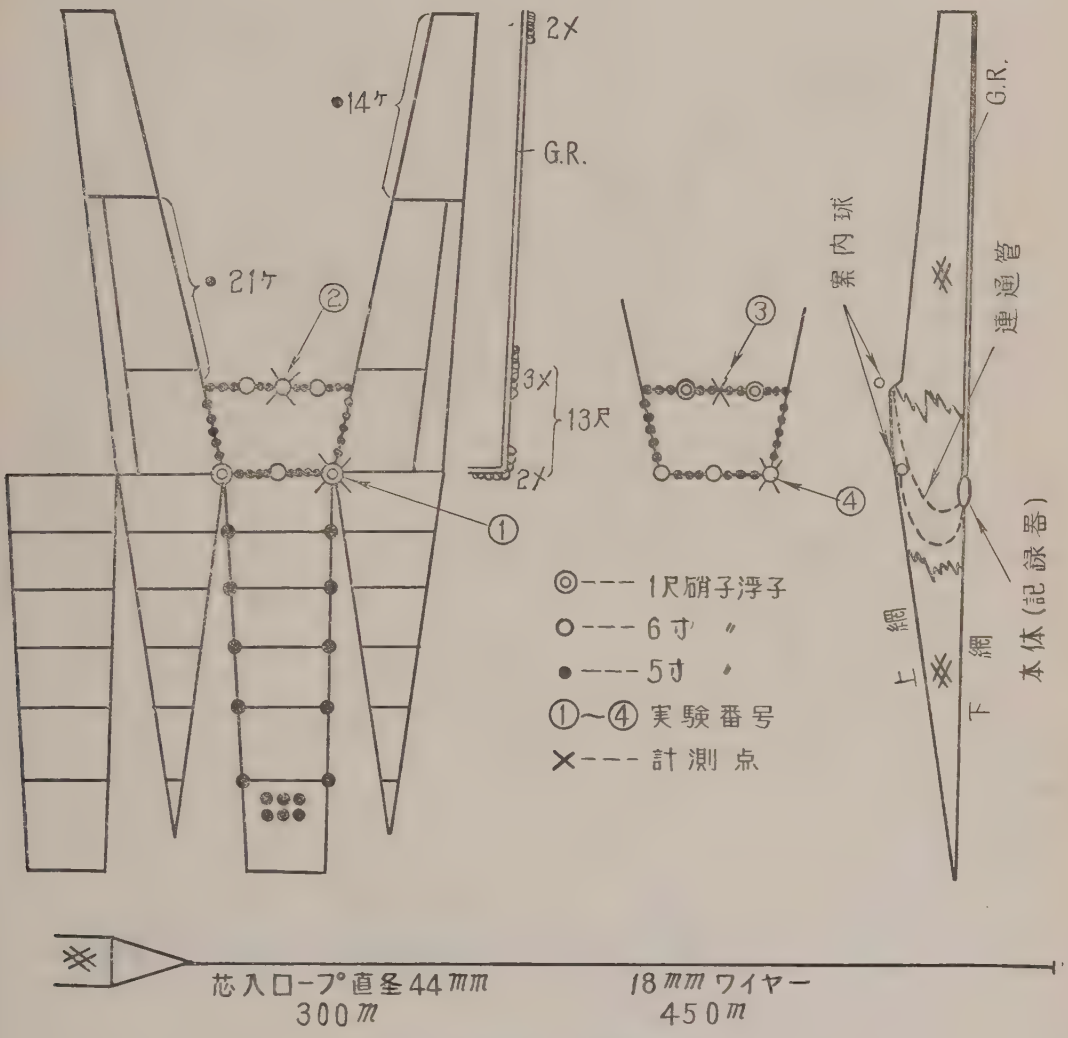
日時　昭和28年9月17日より25日迄
場所　東海
松(鈴)丸総屯数 98.47屯
機関 270馬力
日本水産所属



第 21 図　G.R.展開計装着図

3. 使用漁具並びに記録

（1） 漁　　具

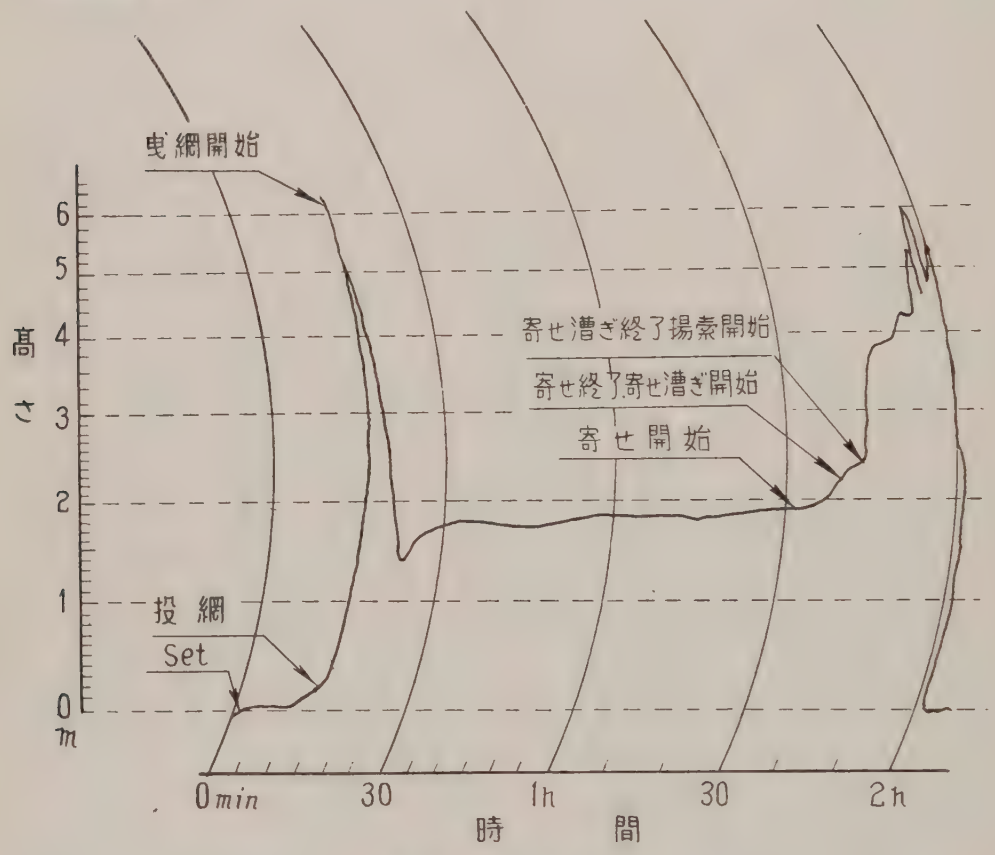


第 22 図　網漁具竝ビニ曳索、装備法

第 4 表　網漁具に附属した浮子の種類配置

実験例	計測位置	5寸玉	6寸玉	1尺玉	総浮力	浮力の差
①　②	奥天井部	8ヶ	1ヶ	2ヶ	32.1kg	
	前天井部	10ヶ	3ヶ		16.8kg	−15.3kg
③　④	奥天井部	6ヶ	3ヶ		12.4kg	
	前天井部	10ヶ		2ヶ	31.9kg	+19.2kg

(2) 自記式網高さ計

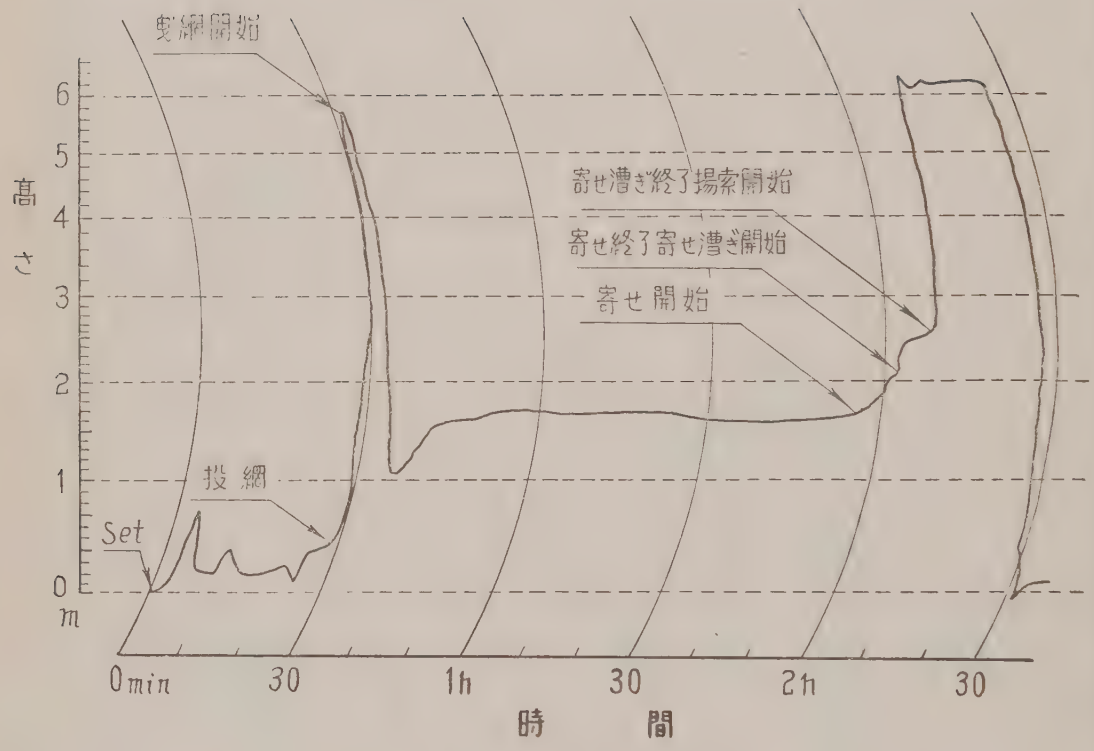


第23図 記録①

第5表 高さ計記録①の表

項目	時間 h m	経過時間 h m	風向風力 (ビ)	船対水速力 (kt)	針路	機関回転数 RPM	曳加間隔 (m)	記録高さ m	修正量 (m)	修正高さ (m)
Set	8. 50	0. 0	NE							
投網	9. 5	15	3							
曳索繰止	8	18							+0.18	
曳網開始	8	18			SW	250		6.25		6.43
	9	19			〃	〃		3.20		3.38
	11	21			〃	〃		2.40		2.58
	13	23			〃	〃		1.25		1.43
	14.5	24.5			〃	〃		1.25		1.43
	15	25			〃	〃		1.40		1.58
	17	27			〃	〃		1.60		1.78
	19	29			〃	〃		1.65		1.83

	9. 21	0. 31			SW	250		1.65		1.83
	23	33			〃	〃		1.70		1.88
	25	35			〃	〃		1.70		1.88
	30	40			〃	〃		1.65		1.83
	35	45			〃	〃		1.65		1.83
	37	47			WSW	〃	471	1.65		1.83
	40	50			〃	〃		1.65		1.83
	45	55			〃	〃		1.75		1.93
	50	1. 00		1.55	〃	〃		1.75		1.93
	55	5			〃	〃		1.75		1.93
	10. 0	10			W/S	〃	332	1.80		1.98
	5	15			〃	〃		1.75		1.93
	10	20			〃	〃		1.75		1.93
	15	25			〃	〃		1.80		1.98
曳網終了	20	30		1.55	〃	〃		1.80		1.98
寄セ始め	20	30				〃		1.80		1.98
	25	35				〃		1.85		2.03
	26	36				〃		1.85		2.03
	27	37				〃		1.90		2.08
	28	38				〃		2.10		2.28
寄セ終了	29	39				〃		2.15		2.33
寄セ漕ギ開始	29	39				〃		2.15		2.33
	30	40				〃		2.20		2.38
	31	41				〃		2.25		2.43
	32	42				〃		2.25		2.43
寄セ漕ギ終了	33	43				〃		2.30		2.48
揚索始め	33	43						2.40		2.58
	35	45						3.25		3.43
	37	47						3.80		3.98
	39	49						3.80		3.98
	41	51						3.90		4.08
	43	53						4.25		4.43
	45	55						4.45		4.63
揚索終了	46	56						4.55		4.73
	47	57						5.80		5.98
	50	2. 00								

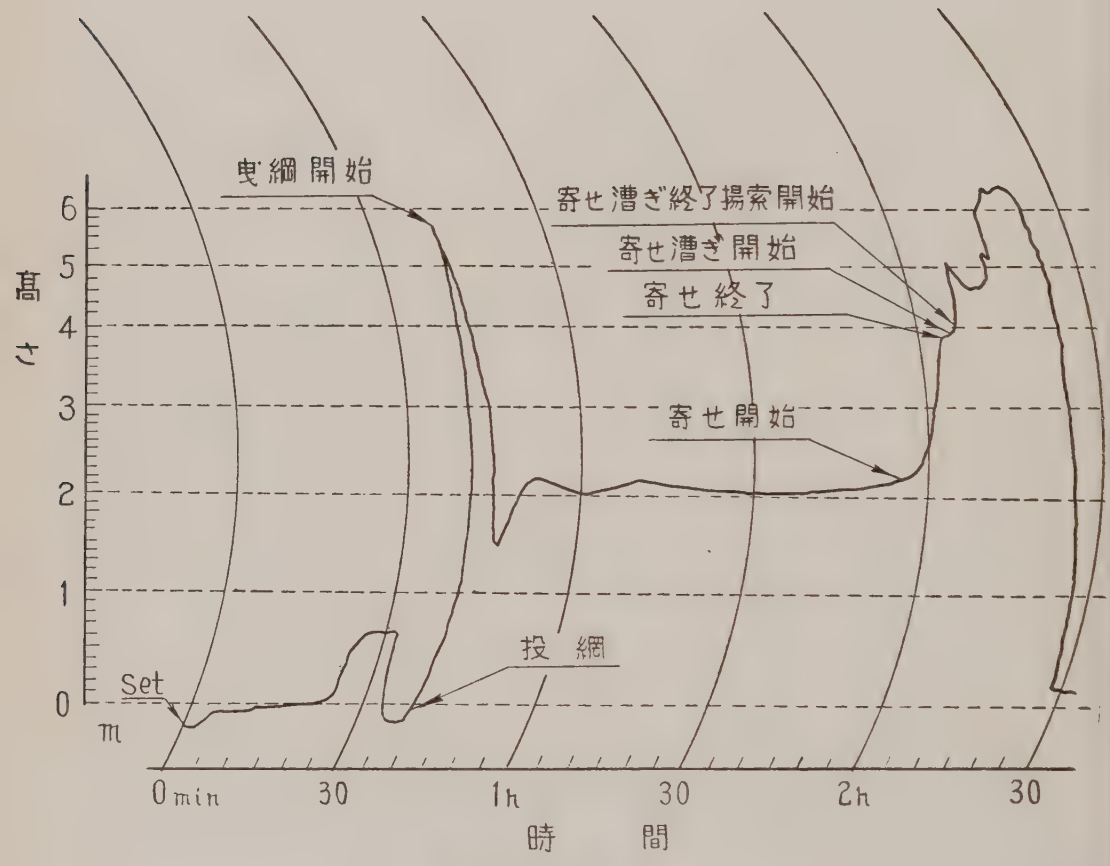


第24図 記録 ②

第6表 高さ計記録②の表

項目	時間 h m	経過時間 h m	風向 風力	曳航対水速力 (kt)	針路	機関回転数 RPM	曳綱間隔 (m)	記録高さ (m)	修正量	修正高さ
Set	13. 36	0. 0	(ビ) ENE							
投網	14. 05	29								
			2							
曳索繋止	09	33						5.55	±0m	
曳網開始	09	33	潮流 Wより		SW/W	240		5.55		
	11	35				〃		1.30		
	13	37				〃		1.05		
	14	38		1.8		〃		1.10		
	15	39				〃		1.15		
	17	41				〃		1.45		
	19	43				〃		1.50		
	21	45				〃		1.55		
	23	47				〃		1.60		
	25	49				〃		1.60		
	27	51				〃		1.60		

	14. 29	0. 53				240		1.65
	31	55				〃		1.65
	32	56				〃	346	1.65
	35	59		1.8		〃		1.65
	40	1. 04			SW	250		1.65
	46	10				〃		1.60
	49	13				〃	325	1.70
	51	15		1.9		〃		1.70
	56	20				〃		1.70
	15. 00	24				260	340	1.70
	1	25				〃		1.65
	6	30				〃		1.60
	8	32		1.8		〃		1.60
	10	34				250		1.60
	16	40				〃		1.60
	20	44			SW/½W	〃	352	1.65
	26	50				〃		1.65
曳網終了	30	54				〃	323	1.65
寄セ開始	30	54				〃		1.65
	34	58				〃		1.70
	37	2. 01				〃		2.00
寄セ終了	38.5	2.5				〃		2.10
寄セ漕ギ開始	38.5	2.5				〃		2.10
	39	3				〃		2.30
	41	5		1.6		〃		2.45
	43	7				〃		2.50
寄セ漕ギ終了	45	9				〃		2.60
揚索開始	45	9		1.8				2.60
	47	11						6.10
	49	13						6.10
	53	17						6.10
	58	22						6.10
揚索終了	59	23						急昇

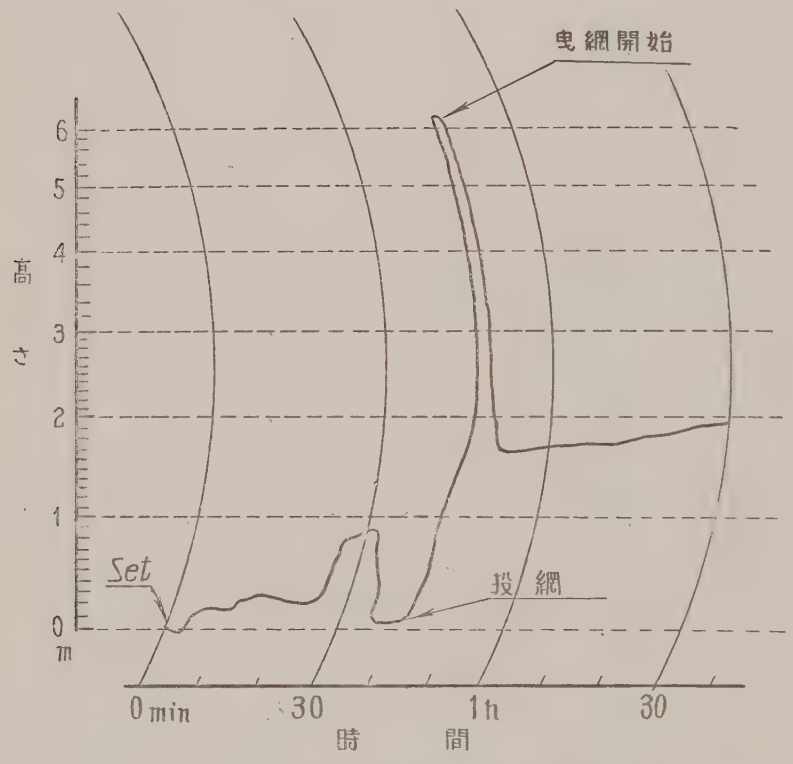


第25図 記録 ③

第7表 高さ計記録③の表

項目	時間 h m	経過時間 h m	風向風力 (ビ)	曳船対水速力 (kt)	針路	機関回転数RPM	曳船間隔 (m)	記録高さ (m)	修正量 (m)	修正高さ (m)
Set	11. 02	0. 0	NE							
投網	41.3	39.3	3							
曳索繋止	44.5	42.5	潮流NE						±0m	
曳網開始	45	43	より		SSW	250		5.70		
	47	45				〃	569	2.40		
	49	47				〃		1.50		
	50	48		2.3		〃		1.70		

	11. 51	0. 49				250	1.80	
	53	51				〃	2.20	
	55	53				〃	2.20	
	57	55				〃	2.15	
	59	57				〃	2.15	
	12. 00	58				〃	2.10	
	6	1. 04		2.2		〃	2.10	
	8	6				〃	2.10	
	9	7				〃	2.10	
	17	15				〃	2.15	
	22	20				〃	2.15	
	27	25				〃	2.10	
	31	29				〃	2.05	
	33	31				〃	2.05	
	37	35				〃	2.05	
	42	40				〃	2.05	
	47	45				〃	2.10	
	51	49				〃	2.10	
曳網終了	56	54				〃	2.10	
寄セ開始	56	54				〃	2.10	
	57	55				〃	2.15	
	59	57				〃	2.20	
	13. 00	58		1.8		〃	2.20	
	3	2. 01				〃	2.75	
	5	3				〃	3.30	
	6.5	4.5				〃	3.80	
寄セ終了	6.5	4.5				〃	3.80	
寄セ漕ギ開始	7	5		2.1		〃	4.00	
	8	6				〃	3.80	
寄セ漕ギ終了	9	7			SW/W	〃	3.95	
揚索始め	9	7					3.95	
	11	9					5.00	
	13	11					4.55	
	15	13					4.55	
	17	15					5.60	急昇
	18	16					6.00	



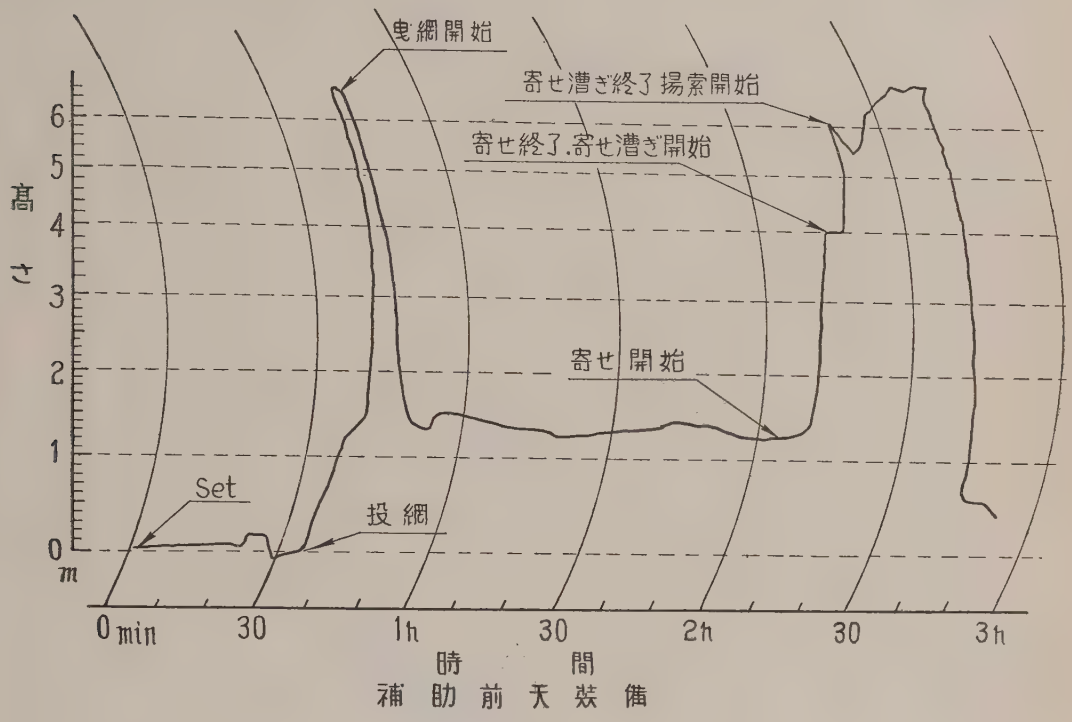
ペン圧不足のため 1h 29mより不明

第26図 記録 ④

第8表 高さ計記録④の表

項目	時間	経過時間	風向風力	曳速力対水(kt)	針路	機関回転数RPM	曳綱間隔(m)	記録高さ(m)	修正量(m)	修正高さ(m)
	h m	h m	(ビ)							
Set	16. 10	0. 0	ENE							
投網	54	44								
曳索繋止	57.3	47.3	2						+0.18	
曳網開始	58	48	潮流NEより		SW	250		6.10		6.28
	59	49			〃	〃		1.90		2.08
	17. 00	50			〃	〃	352	1.50		1.68
	3	53		1.86	〃	〃		1.50		1.68
	5	55			〃	〃		1.55		1.73
	10	1. 00			〃	〃		1.60		1.78
	15	5			〃	〃	390	1.60		1.78
	18	8		1.5	〃	〃		1.60		1.78
	20	10			〃	〃		1.60		1.78
	25	15			〃	〃		1.65		1.83
	30	20			〃	〃		1.70		1.83
	35	25			〃	〃		1.80		1.98
	38	28			〃	〃		1.80		1.98
	40	30			〃	〃		1.80		1.98

以下ペン圧不足となり記録不良



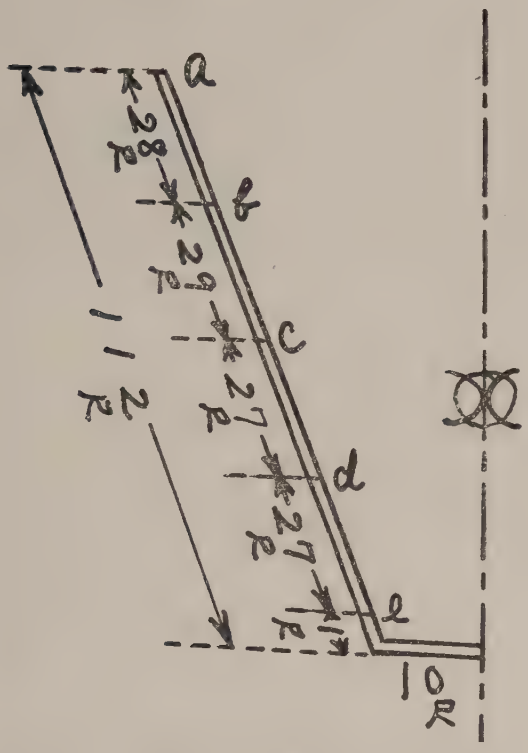
第 27 図　記　録　⑤

第 9 表　高さ計記録⑤の表

項目	時間	経過時間	風向風力	曳船対水速力 (kt)	針路	機関回転数 RPM	曳船間隔 (m)	記録高さ (m)	修正量 (m)	修正高さ (m)
	h m	h m	(ビ)							
Set	6.02	0. 0	NE							
投網	40	38	3						±0	
曳索繋止	43.5	41.5	潮流 ESEへ					6.30		
曳網開始	44	42			SW	240		6.30 より急降		
	45	43				〃		3.80		
	47	45			WSW	〃		1.80		
	49	47				〃		1.35		
	50	48				〃		1.30		
	51	49				〃		1.30		
	53	51				〃		1.30		
	55	53				〃		1.45		
	57	55				〃		1.50		
	58	56				〃	280	1.50		
	7. 00	58				〃		1.50		
	1	59		1.4		〃		1.45		

	7. 3	1. 01				240		1.40		
	7	5				〃		1.40		
	12	10				〃		1.30		
	17	15				〃		1.20		
	22	20				〃		1.20		
	27	25				〃		1.25		
	32	30				〃		1.25		
	37	35				〃		1.30		
	42	40				〃		1.40		
	45	43				〃	426	1.40		
	47	45				〃		1.35		
	52	50				〃		1.30		
	57	55				〃		1.20		
	8. 00	58				〃		1.20		
	2	2. 00				〃		1.20		
曳網終了	5	3				〃		1.20		
寄セ開始	5	3				〃		1.20		
	7	5				〃		1.20		
	9	7				〃		上昇始め		
	10	8				〃		1.50		
	12	10				〃		3.20		
	14	12				〃		4.10		
	15	13				〃		4.00		
寄セ終了	18	16				〃		4.15		
寄セ漕ギ開始	18	16				〃		4.15		
	19	17				〃		4.00		
	20	18				〃		4.30		
	21	19				〃		4.50		
	22	20				〃		4.70		
寄セ漕ギ終了	23	21				〃		4.60 上昇		

（3） 自記式G.R. 展開計

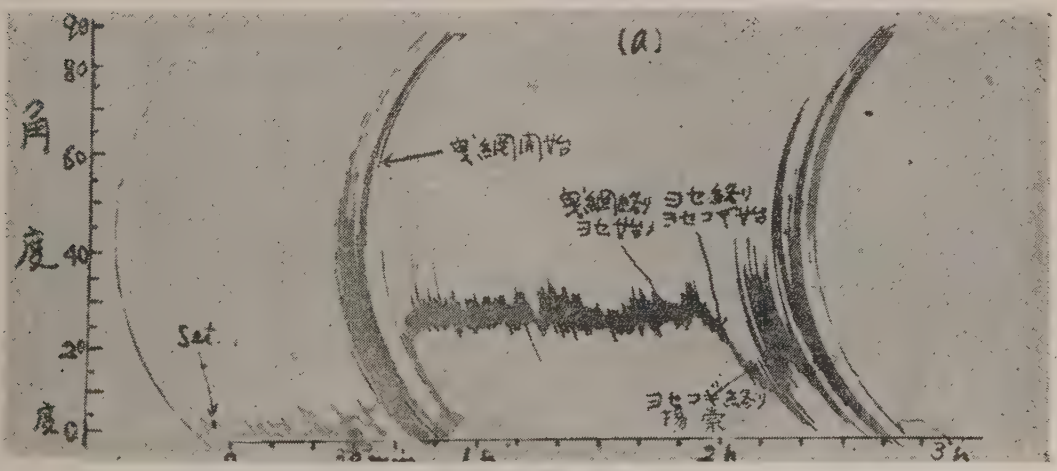


第 28 図　G.R. 展開計の装着計測点（a～e計測点）

第 10 表

G.R. 展開計の装着計測点の要目

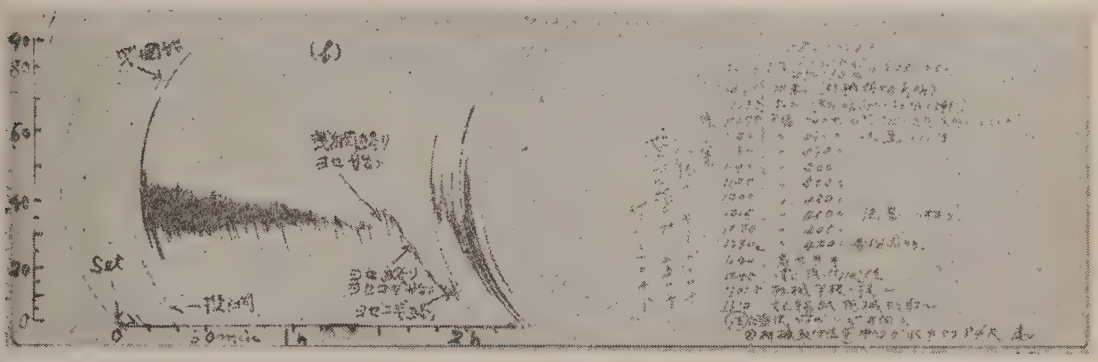
計測点	G.R. 手木元よりの距離
a	0 尺
b	28 尺
c	57 尺
d	84 尺
e	111 尺



第 29 図　記　録　(a)

第11表 展開計記録(a)の表

項目	時間	経過時間	風向風力	潮流	曳船対水速力(kt)	曳船間隔(m)	抵抗板角度(度)
	h m	h m					
Set	8. 02	0. 0	NE 4				0
投網	55.5	53.5	針路 SW				
曳索繋止	59	57					57.5
曳網開始	59	57					57.5→90
	9. 01	59				320	90
	3	1. 01					22.5
	5	3					24.5
	7	5					26
	9	7					27
	11	9					27.5
	13	11					27.5
	14	12				360	27.5
	20	18			1.48		27.5
	25	23				375	27.5
	28	26			1.54		27.5
	32	30					28
	42	40					28
	43	41					28
	45	43					28
	47	45					27
	49	47					26
	50	48				370	26
	55	53					25.5
	10. 00	58					26.5
	4	2. 02				396	26.5
	7	5					27
	9	7					27.5
曳網終了	10	8					27.5
寄セ開始	10	8					27.5
	11	9					27.5
	13	11					28.5
	15	13					28
	17	15					27
	19	17					25
寄セ終了	20	18					24
寄セ漕ギ開始	20	18					24
	21	19					21.5
寄セ漕ギ終了	23	21					14
揚索開始	25	23					11
	27	25					10
							これより振れ大

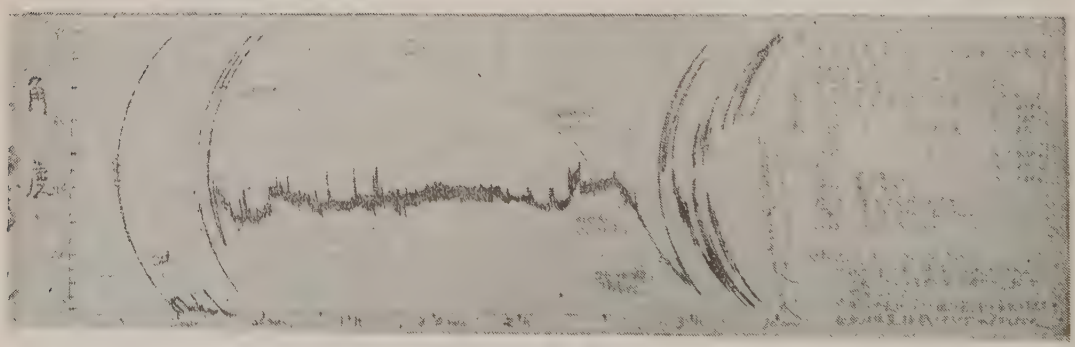


第 30 図　記　録 (b)

第 12 表　展開計記録(b)の表

項　目	時　間	経過時間	風向 風力	潮　流	曳船対水速力 (kt)	曳船間隔 (m)	抵抗板角度 (度)
	h m	h m					
Set	10. 41	0. 0	ENE				
投　網	11. 3.5	22.5	0.5	WSW ↓ W			
曳索繋止	6	25					75
曳網開始	7.5	26.5					75
	8.5	27.5					90
	9	28					90
	10	29					40
	11	30					39
	16	35					37.5
	20	39			1.22	540	37.5
	26	45					37
	30	49				540	37.5
	36	55					38
	40	59				500	36
	46	1. 05					36
	50	9					36
	56	15					36
	12. 00	19				450	35.5
	6	25					35
	10	29			1.22	450	35
	16	35					34
	20	39				400	32.5
	26	45					33.5
曳網終了	30	49				420	34
寄セ開始	30	49					34

	12. 33	52					36
	36	55					32
	38	57					29
寄セ終了	40	59					24
寄セ漕ギ開始	40	59					24
	41	2. 0					24
	42	1					18
	43	2					17
	44	3					14.5
寄セ漕ギ終了	45	4					13
揚索開始	45	4					13
	50	9					10
	50.5	9.5					40急昇
	51	10					37.5
	53	12					43
	54	13					38
	56	15					35
	58	17					30
取入	13. 1.5	20.5					以下ふれ
解放	10	29					

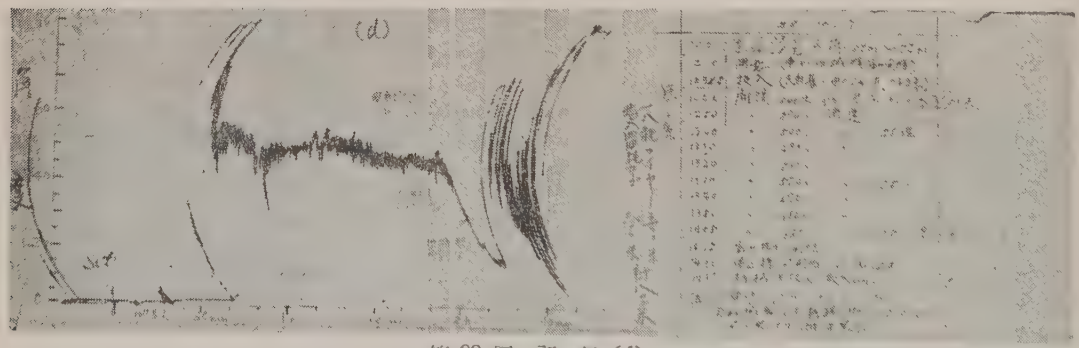


第 31 図 記 録 (c)

第 13 表　展開計記録(c)の表

項目	時間	経過時間	風向 風力	潮流	曳船対水速力(kt)	曳船間隔(m)	抵抗板角度(度)
	h m	h m					
Set	15. 25	0. 0	NE				
投網	50.5	25 5	Co.SW/W	SW/Wへ			
曳索繋止	55	30				450	70
曳網開始	55	30					90
	56	31					90
	57	32					急降
	58	33					37.5
	59	34					37
	16. 00	35					37
	5	40					31
	10	45					31
	15	50			1.15	485	32
	20	55					39
	25	1. 0					37.5
	30	5					37
	35	10				525	34
	39	14					40.5
	40	15					37.5
	45	20					35
	50	25					36
	55	30			1.18	470	36.5
	17. 00	35					36.5
	5	40					36.5
	10	45					37
	15	50				500	38
	20	55					38
	25	2. 00					38
	30	5					38
	35	10				460	37.5
	40	15					37
	45	20					36
	50	25					35
	55	30				390	34
	18. 00	35					35

	18. 5	2. 40				42
	10	45				40
曳網終了	15	50			500	40.5
寄セ開始	15	50				40.5
	18	53				41.5
	21	56				41
	23	58				38.5
寄セ終了	25	3. 00				35
寄セ漕ギ開始	25	00				35
	26	1				34.5
	27	2				31
	28	3				27.5
	29	4				22
寄セ漕ギ終了	30	5				20
揚索開始	30	5				20
	33	8				12
	34.5	9.5				6.5 以下ふれ

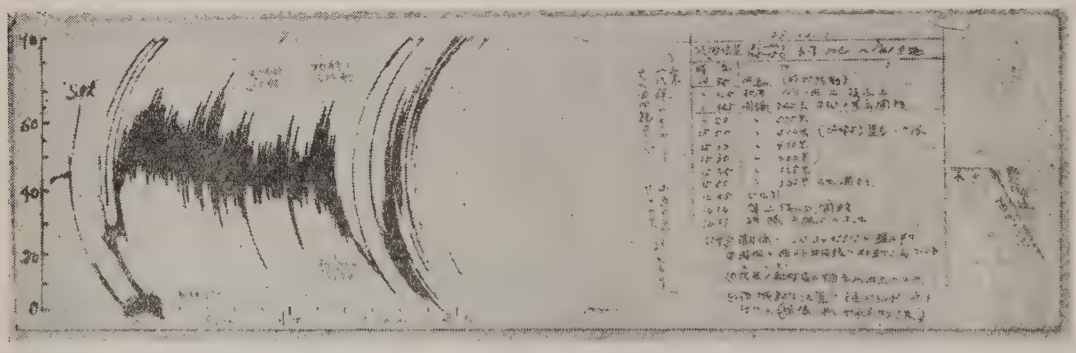


第 32 図 記 録 (d)

第 14 表　展開計記録(d)の表

項目	時間	経過時間	風向風力	潮流	曳船対水速力 (kt)	曳船間隔 (m)	抵抗板角度 (度)
	h m	h m					
Set	12. 00	0. 0					
投網	38.5	38.5	SW 0.5m/s	NEへ			
曳索繋止	41	41					0
曳網開始	42	42				500	うごき始め
	43	43					12
	45	45					80
	47	47					87.5
	49	49					87.5
	50	50				570	90
	51	51					90
	53	53					66
	55	55					55
	57	57					51.5
	59	59					53
	13. 00	1. 00			1.55	500	53
	5	5					52
	10	10				490	46
	15	15					46
	20	20					47.5
	25	25					48
	30	30			1.55	520	52
	35	35					50
	40	40				470	50
	45	45					49
	50	50				450	46
	55	55			1.55		46
	14. 00	2. 00					45
曳網終了	5	5					45.5
寄セ開始	5	5					45.5
	8	8					44.5
	11	11					44
	13	13					46.5
寄セ終了	15	15					45
寄セ漕ギ開始	16	16					44

	14. 17	2. 17					42.5
	18	18					40.5
	19	19					37
寄セ漕ギ終了	20	20					35
揚索開始	20	20					35
	21	21					27
	22	22					24
	23	23					20
	25	25					16
	27	27					16
	29	29					30 以下振れ



第 33 図 記 録 (e)

第 15 表 展開計記録(e)の表

項 目	時 間	経過時間	風 向 風 力	潮 流	曳網対水速力 (kt)	曳綱張力 (m)	抗力板角度 (度)
	h m	h m					
Set	14. 35	0. 0					
投 網	41.5	6.5	NNE				0
曳網開始	45.5	10.5	2	SW		440	90へ急昇
	47	12	Co. SW	↓ WSW			86.5
	49	14					90
	50	15				500	90
	51	16					40
	53	18					45
	55	20					50
	57	22					52.5

	14. 59	0. 24					54.5
	15. 00	25			1.7	500	55
	5	30					54.5
	10	35				490	53
	15	40					51
	20	45					50
	25	50					50
	30	55				400	46
	35	1. 00					47
	40	5					46.5
	45	10				365	44
	50	15					44
	55	20				362	44
曳網終了	55	20					44
寄セ開始	58	23					43
	16. 1	26					44
	3	28					45
寄セ終了	5	30					47.5
寄セ漕ギ開始	5	30					47.5
	6	31					46
	7	32					45
	8	33					43.5
	9	34					40
寄セ漕ギ終了	10	35					37.5
揚索開始	10	35					37.5
	11	36					34
	12	37					31
	13	38					28
	14	39					26
	16	41					15
	17	42					13
	18	43					90

以下振れ

4. 実驗結果の解析

（1） 二艘曳機船底曳網に就て

操業全部を自記式網高さ計記録、自記式G.R. 展開計記録とを操業記録と照合して解析したもので次の四段階に分けて報告する。

a. 投網時より曳網初期迄
b. 曳網期間
c. 「寄セ」「寄セ漕ギ」期間
d. 揚網（索）期間

a. 投網時より曳網初期迄

（i） 投網時より着底迄に要する時間及び高さ

（イ） 高さ計記録による解析

記録器の構造で最大記録限度を6.3mで押えて居る。従つて投網後の記録は次の三種になつている。第一は最高が記録範囲内で最高部が点になつていて実驗例①②③の場合、第二は最高部が記録範囲内で同高の線になつていて④の様な場合、第三は最高部が記録限度の処で同高の線になつていて⑤の様な場合である。第一の場合は沈降時間が経つにつれG.R.と前天井（若しくは奥天井）部との開きは一定限度迄開く筈である。一定限度迄開いて猶ほ未だ着底しない場合は、記録上に其の最大開き即ち網口高さを着底迄記録する筈である。

着底して始めて着底停止状態の高さに下降（着底停止高さが沈降時の最大高さより小なる場合）若しくは上昇（着底停止高さが沈降時の最大高さより大なる場合）する事になる。従つて最大高さから下降するのは上記の場合か、網が前進を始めた時かの二つに分けられる。若し前者の場合ならば偶々着底による高さの下降に引続いてこの網の前進による下降とが滑らかな下降曲線になる様な特殊の場合の他は、第34図第35図の様に下降曲線が滑らかでなく、着底停止高さの処で段がつくとか、その処で若干の同高線が認められる筈である。然し記録上にはこの様な状態は認められない。従つて最高点よりの下降は網の前進によるものと思はれる。即ち着底と同時に網が前進を開始したと考えられる。

第二の場合は記録範囲内の6.1m（修正高6.28m）が2分間続いている。沈降時の最大高さが6.1m以上であれば着底と同時に着底停止高さえ上昇又は下降しなければならないが、記録ではこの現象は認められない。従つて沈降最大高さと着底停止高さとが偶々一致しているのか又は沈降時の最大高さになる前に着底し、続いて着底停止高さ迄上昇したかの二つであらう。前者は極く特殊な場合であつて考えられるのは後者である。従つて着底は記録の最高になる以前か、最高になつた瞬間かである。孰れにしても他の記録例より見ても大約最大高さになつた時が着底時と見て差支えないと考えられる。第三の場合は第36図に示す様に、沈降時の最大高さは実際は記録以上であるのが機構制限のため範囲限度（6.3m 修正高6.48m）の高さをその時から記録し始め偶々着底停止高さも範囲以上若しくは範囲丁度の高さであつたかであろう。一応後者は極く特殊な場合であるから考慮外に置くと、着底時期は記録最大高さの連続記録の中の孰れかの時であつて、網の前進開始時もその中の孰れかの時と云ふ事になる。他の場合と水深は同じであるから、此の場合も着底所要時間は略々同様であらう。然し第36図に就て見るにaよりb迄は2.5分間しか要していないので実際の着底はbよりgの方に更に0.5分間先の所と云う事になる。記録上のbg時間は1.5分間であるから差引き停止時間は1分間以内となる。曳索繋止迄の所要時間は3.5分間で更に曳網開始迄に0.5分間を要しているので都合1分間網は停止している事になり、前記の1分間と合致する。

第 36 図

第 35 図

第 34 図

網の着底所要時間、曳索延長所要時間、網口（前天井又は天井部）高さ及び水深等を示したのが第13表である。

第 16 表　網の沈降着底、曳索延長所要時間

項目 / 実験例	投網時より網の着底所要時間 (min)	投網時より曳索繋止迄の所要時間 (min)	網の着底より曳索繋止迄の時間 (min)	曳索繋止より曳網開始迄の時間 (min)	網の着底後停止時間 (min)	計測部位	高さ（修正）(m)	水深 (m)
1. (9月20日8.50am)	3	3	0	0	0	奥天井	※6.28	51
2. (9月30日1.36P.M)	3	4	1	0	1	前天井	5.55	55
3. (9月20日11.02a.m)	3	3	0	0	0	前天井	5.70	52
4. (9月20日4.10 p.m)	3	3	0	1	1	奥天井	※6.28	57
5. (9月21日6.2a. m)	3	3.5	0.5	0.5	1	前天井（補助前付）	6.30	51
平均	3	3.3	曳索長 750m				※は記録高さに +0.18m	53.2

平均水深 53.2m の場合の網の沈降速度は第16表に示す様に平均 0.3m/s となり、曳索 750m の場合の延長速度は平均 3.8m/s となる。今回の実験では総て網の着底と同時かそれ以後に曳網を開始している事になる。勿論網漁具、曳船が異れば是等の数値は当然異つて来るであろうが、前記の数値でグラフを書いて見たのが第37図である。但し曳索繋止と同時に曳網を開始した場合は殆んど同時に網が前進している事がｂ項で推察される。従つて或る水深と曳索長の場合は網の着底前に曳網を開始し然も網自体も前進を始め滑降状態になる事も考えられ、この際に両曳索及び袖部等の極端な狭まりが生じ、非能率な状態を起す事も考えられるので、曳網開始時期の決定は慎重を期する必要があると思はれる。

（ロ）　展開計記録による解析

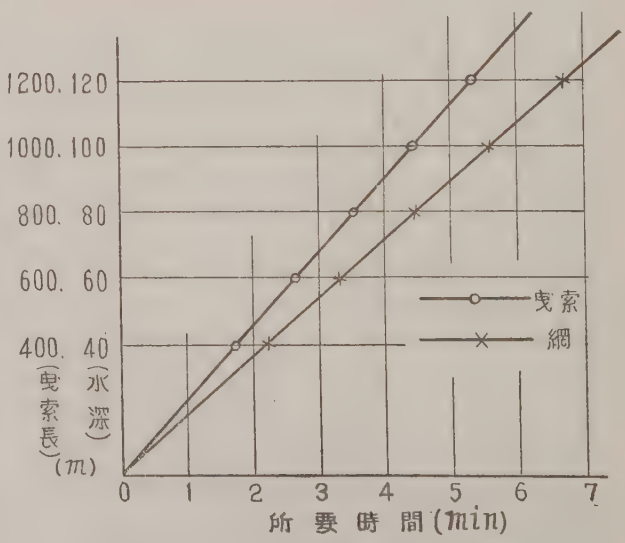
この場合も(イ)項と同様平均水深曳索長平均770m で第14表に示す様に平均沈降速度 0.3m/s 平均曳索延長速度 3.3m/s であつた。

この場合も網の着底後は曳網を開始している。

(ii)　曳網開始と網の前進時期との関係

（イ）　網高さ計記録による違析

曳船の曳網開始時間と記録にかける最大網高さよりの下降時間とが殆んど同時である事が判つた。船内での時間の記録は 0.5 分間単位で記録したので、誤差範囲はそれ以下である。第18表が船内での操業記録と計



第 37 図　網の沈降と曳索延長の所要時間

第 17 表　展開計記録による網の着底曳索延長所要時間

項目 / 実験例	投網時より着底迄の所要時間 A (mln)	投網時より曳索擧止曳網開始迄の時間 B(min)	B—A (min)	水深 (m)	曳索長 (m)
a. (9月22日)	3	3.5	0.5	50	750
b. (10月13日)	3.5	4.0	0.5	58	750
c. (10月4日)	3.5	4.5	1.0	61	800
d. (10月7日)	不明	3.5	不明	※ 59	800
e. (10月1日)	不明	4.0	不明	※ 50	750
平均	3.3	3.9		※は不含 56	770

第 18 表　高さ計記録による網の前進時期と曳船の曳網開始時期の関係

項目 / 実験例	記録開始からの着底迄の時間	最大高さよりの下降時刻	曳網開始時	曳網開始時と網高さの下降時との時間差	網の着底停止時と曳網開始時との時間差	記録紙上の最大高さの保持時間
1	18 分目	18 分目	18 分目	0 分間	0 分間	0 分間
2	32	33	33	0	1	40 秒間
3	42.5	43	43	0	0.5	30 〃
4	47	48	48	0	1	1 分間
5	41	42	42	0	1	1 〃

測記録での各々の時間の関係を示したものである。即ち計測記録上の最大網口高さよりの下降は網の前進を供なはない単なる両袖部(曳網方向に対して側方に張つている)からの横えの引張りによるものか網の前進によるものかが考えられる。然し(ロ)の項に於て曳網開始と同時にG.R.が前進している事が認められるので後者の考えで先を進める。従つて下降を記録し始めた時が網の前進を始めた時であると推察される。

実験例①の場合は着底と同時に前進を始めているので最大高さ6.25m.(修正高さは6.43m)は点(ピーク)となつて居る。②は着底後1分間で曳網を開始しているのでその間停止状態が続いている事になり、計測記録でのそれは40秒間になつているが、20秒は船上での時間記録の誤差範囲内である。③④⑤の場合も同様に記録紙上の網の停止状態の保持時間が丁度網の着底より曳網開始迄の時間に合致していて各0.5, 1, 1分間となつている。以上から見て少くとも曳索擧止と同時に曳網を開始した場合は殆んど同時に網が前進を始めていると判断される。

(ロ)　展開計記録による解析

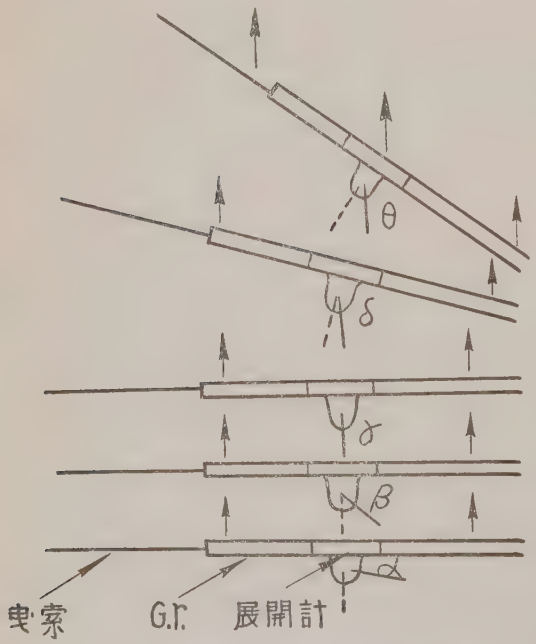
各計測点共着底時には57.5°、75°、70°、0°等の任意の角度を保持しているが曳網開始と同時に抵抗板角度は増大を始め各々90°になり、続いて時間の経過と共に減少し安定した角度になつ

ている。第19表に示す。是等の事より見て第38図に示す様な経過で曳網開始と同時にG.R.（即ち網）が前進を始めている事、投網技術からして如何なる投網法であらうと少くも両袖又はその附近の曳索は曳網方向に対し大体直角方向に延べられているであらうから、その儘の形で暫時前進し次第に安定した曳網形状え移行する。即ち曳網開始と同時に網漁具及び曳索の接地形状の如何に不拘曳索を含めて網自体もその時の接地形状の儘直ちに前進を始めているのではないかと云う事が推察される。

第 19 表　展開計記録による網の前進時期と曳船の曳網開始時期の関係

実験例＼項目	着底時間	着底時の抵抗板角度（度）	着底角度よりの増大開始時間	曳網開始時	曳網開始と角度増大開始時との時間差	最大増大角度
	分目		分目	分目		
a	57	57.5	57	57	0	90
b	25.5	75	26.5	26.5	0	90
c	29	70	30	30	0	90
d	不明	0	42	42	0	90
e	不明	0	10.5	10.5	0	90

備考　総べて時間は記録開始時からの経過時間



註：α……着底時の抵抗板保持角度
β……αより増大
γ……90°
以上迄はG.R.及び曳索の一部が黄
δ……90°より減少
θ……δより減少
以上はG.R.及び曳索の一部共に斜行過程

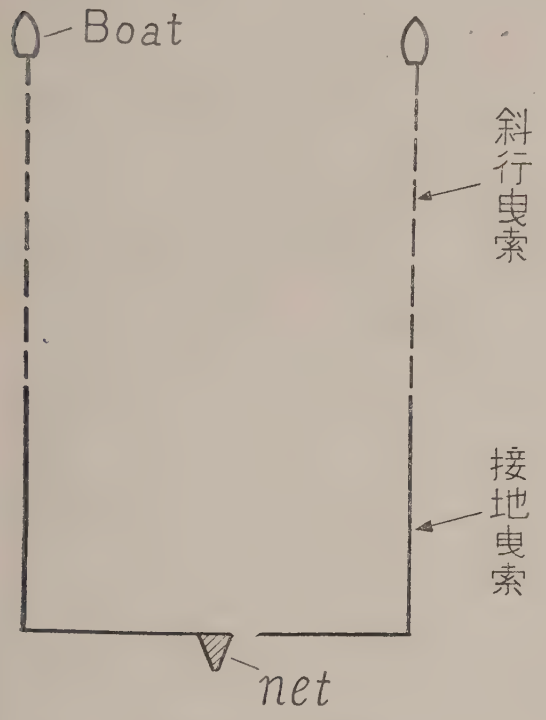
第 38 図　G.R.展開計の曳網開始時の変化状態

(iii)　曳網開始より安定曳網状態に*至る迄の経過並びに時間

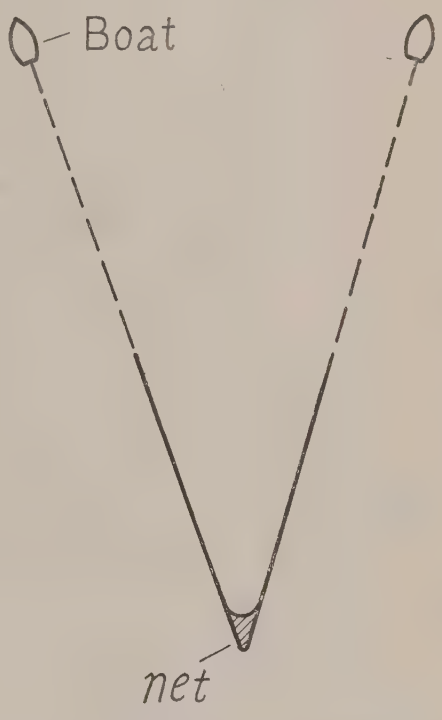
* 漁研技報4号　1953魚量計に就て

（イ） 網高さ計記録による解析

投網形状をU字投網形状（第39図）とV字投網形状（第40図）とに分けて計測した。



第39図　U字投網形状

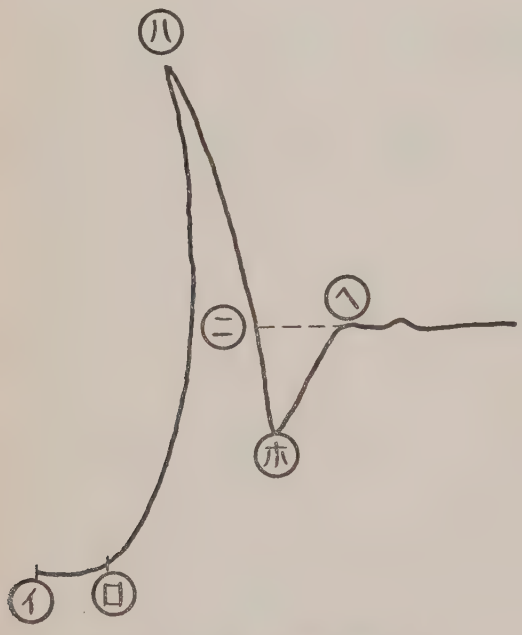


第40図　V字投網形状

計測記録より投網形状毎の安定曳網形状になる迄の時間及びその経過中の網高さ等を示したのが第20表である。項目は第41図で示す。

第20表　投網形状の変化による曳網初期の網口高さの変化

実験例＼項目	投網形状	網の前進時から平均曳網高さ第1回目になる迄の時間	網の前進時から安定曳網高さになる迄の時間	第1回平均曳網高さより安定曳網時の安定高さになる迄の時間	最低網高（A）（m）	安定平均曳網高さ（B）（m）	B−A（m）
		分間	分間	分間			
1	U字投網	3.5	12.5	9	1.43	1.82	0.39
2	U字投網	2.5	14	11.5	1.00	1.55	0.55
3	U字投網	2.5	8	5.5	1.48	2.14	0.66
平均	U字投網	2.8	11.5	8.7			
4	V字投網	1	1	0	1.68	1.68	0
5	V字投網	5	5	0	1.30	1.30	0
平均	V字投網	3	3	0			



註：
- イ．記録開始点
- ロ．投網点
- ハ．網の着底点（①②③では網の前進開始点でもある）
- ニ．第一回目曳網平均高さの点
- ホ．最低網高さになつた点
- ヘ．曳網安定高さになつた点

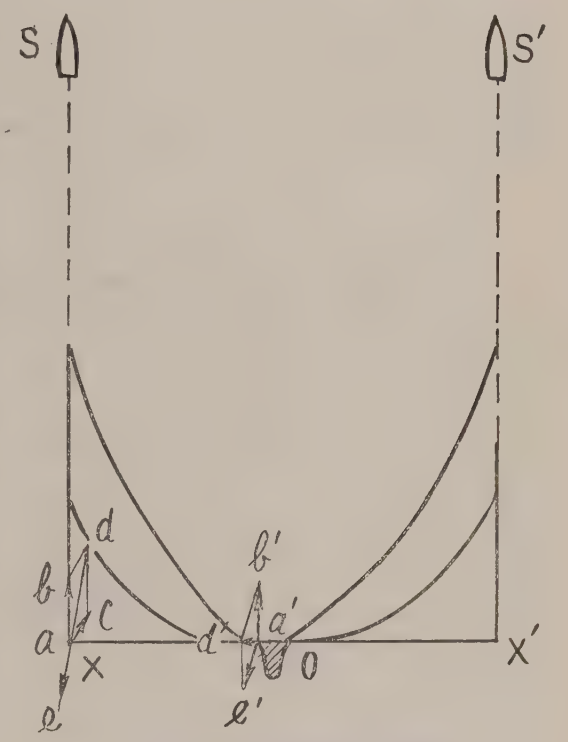
第 41 図　投網より曳網初期迄の要点

U字投網の場合は網口高さが第一回目の曳網平均高さになるのに平均2.8分間を要し、V字投網の場合は最初から安定曳網高さになりその所要時間は二例に過ぎないが平均3分間であつた。

次に網口高さが安定曳網高さになるのに前者は11.5分間であるのに対して後者は3分間であつた。然も11.5分間の経過中前者の場合一度異常な低網状態が現はれて居り本船が従来使用していた浮子の装備通りである⑧例の場合前天井部の高さが最低では安定曳網高さより実に0.66m低くなつている。仮りに曳網開始時と安定曳網状態となつた時迄の算術平均曳網速力を12.5kt（曳網対地速力を2.5ktとした場合）とすればその距離は445mとなり、此の間を異常非能率な状態で曳網している事になる。V字投網の場合全くこの非能率な現象が認められなかつた。実験例5)の場合曳網平均高さが他のより異常に低いのは補助前天を前天井と船部との間に仮設したためであり、この補助前天井の設計不良によるものであらうと推察される。U字投網の場合この低網状態が生ずる理由として次の事が考えられる。U字投網の場合は第42図に示す様に投網が完了し曳網直前の漁具の状態をSXOX′S′とする。投網形状の如何に不拘曳船の前進と殆んど同時に網Oも前進を始めている事から考えて、X点も当然前進を始めている筈である。XO中のa点に於ては $\overrightarrow{ab}$ と云う前進力が作用すると同時に $\overrightarrow{ac}$ の方向に斜行せんとするため $\overrightarrow{ad}$ の反方向 $\overrightarrow{al}$ なる力が働く事が考えられる。G.R.に極く近い曳索の一点a′に於ても $\overrightarrow{a'b'}$ なる前進力と前のa点に於ける $\overrightarrow{al}$ と同種の $\overrightarrow{a'l'}$ が作用しその合成方向 $\overrightarrow{a'd'}$ え力が働く、$\overrightarrow{a'd'}$ は曳索方向即ち曳網方向と直角をなす方向であるため、G.R.を横に左右に引張る作用となり、網口高さを低くさせる事になると考えられる。V字投網の場合はの方向が曳索の方向に近く又曳索方向が安定曳網形状の場合の曳索形状に近いためこの経過中の網の低下作用がなく直ちに曳網状態の網口高さになるものと考えられる。全く投網形状が安定曳網形状と合致している場合は網が前進を始めてから直ちに安定曳網網口高さになり、殆んど低網状態はなく④例がそれに近い。両者の相違が増すにつれ次第に低網状態現出の度合が増加する。

（ロ）　展開計記録による解析

抵抗板の着底時の保持角度よりの増大時と曳船の曳網開始時刻とが同時刻であり、然も90°え増大して後平均曳網角度え減少している事から考えて、曳網開始と同時にG.R.即ち網が前進を始め、然もG.R.及びその附近の曳索が曳網方向に対して横進している事が推察される。それらの各所要時間は第21表に示す。即ちU字投網形状の場合は網の前進開始より安定曳網形状になる迄に平均11.1分間を要し、V字投網形状の場合平均3.7分間であつた。又U字投網形状の場合G.R.の横進する時間は平均6分間であつたのが、V字投網形状の場合は3分間であつた。完全なV字投網であれば抵抗板角度が90度になる事はあり得ないが、投網技術の上から云つて曳船の回頭その他のため少くもG.R.及びその附近一部の曳索は曳網方向に対して直角方向に延べざるを得ないので、G.R.も一時横進の態勢となると考えられる。V字投網もその度毎に極く安定曳網形状に近似した場合と、U字投網形状と完全なV字投網形状との中間的な形状になる場合があるため前記所要時間も異つて来る。U字投網形状の場合は投網完了時の曳船間隔の大小により安定迄及びG.R.の横進する時間も異つて来る。即ち前者の場合が所要時間及びG.R.の横進時間は永くなる。



第 42 図　U字投網の場合の解析

第 21 表　投網形状の変化による曳網初期のG.R.の状態

実験例＼項目	網が前進し始めてから安定平均角度になる迄の1時間	網が前進し始めてから角度が90°になる迄の時間（A）	90°を保つ時間（B）	G.R.横進時間 A＋B	90°からの安定平均曳網角度なる迄の時間	投網形状	曳網開始時の曳船間隔（m）
	分間	分間	分間	分間	分間		
(a)	10	0.3	3	3.3	6.7	U字	320
(d)	11.5	3.5	5	5	3	U〃	500
(e)	12	0	5.5	5.5	6.5	U〃	440
平均	11.1			6	5.4	U〃	
(b)	2.5	1.5		2.5	0	V〃	540
(c)	5	0		3.5	3.5	V〃	450
平均	3.7			3.0	1.7	V〃	

(ハ) 自記式張力計記録*による解析

昭和28年4月大洋漁業所属二艘曳機船底曳船第111明石丸で行つた魚量計（自記式張力計）実験*による曳網開始時から曳索繋止部にかゝる全漁具の一船にかゝる抵抗によつて漁具が安定曳網状態になる迄の所要時間に就て見ると第22表の様になつている。この場合の網漁具、曳索構成は今回のものとは若干異り、水深も稍々深い。

第 22 表　張力計記録での投網形状の変化による曳網初期の網の形態

実験例＼項目	曳網開始より1200kgになる迄の時間	1200kgより安定張力になる迄の時間	曳網開始より安定迄の時間	安定張力	安定張力になる前の最大張力	曳網開始時より最大張力になる迄の時間	投網形状	曳索長	水深	底質
	分間	分間	分間	kg	kg	分間		m		
1	0.5	12	12.5	1475	1555	4.5	U	1015	81	M.s
2	1.0	11	12	1355	1400	6	U	〃	97	f.s
3	1.0	12	13	1475	1565	6	U	〃	91	〃
平均	0.8	11.6	12.6	1435	1507	5.5	U	〃	96	〃
4	0.4	5	5.4	1420	1445	1.9	V	〃	87	〃
5	0.5	4.5	5.0	1530	1585	1.5	V	〃	88	〃
平均	0.45	4.7	5.2	1475	1515	1.7	V	〃	87	〃

U状投網形状の場合の安定曳網形状になる迄の所要時間は12.6分間であつたが、是は平均水深が今次実験の場合より42.8m深く曳索長も265m長くなつているためと考えられる。又U字、V字の投網形状に不拘安定迄の最大張力は大差ない様であるがそれ迄の所要時間は前者が平均5.5分間であるのに対して後者は平均1.7分間で約⅓であつた。最大張力になる時は曳網開始時より次第に速力が増す事と接地部分の曳索形状の変形のために生ずる抵抗増加との二者が重つた最大の時で、G.R. 及曳索一部の横進時間に必適するものではないかと考えられれる。以上三種の計器記録より共通要項を比較して見ると第23表の通りである。

第 23 表　三種の計器別記録より見た曳網開始時より安定迄の所要時間

計器種別＼項目	曳網開始より安定曳網状態になる迄の時間		水深	底質	曳索長
	U状投網	V状投網			
	分間	分間			
自記式 網高さ計	11.5	3	53.2m	M	750m
自記式 G.R. 展開計	11.1	3.3	〃	〃	〃
自記式 張力計	12.6	5.2	96 88	f.s.	1.015m

* 漁研技報第4号に記録式魚量計として発表

b. 曳　網　期　間

（i） 曳網中の曳船間隔と網口高さとの関係

曳船間隔の広狭により網口高さはそれぞれ低く又高くなつている事が明らかとなつた。今回の計測は各実験例毎に計測部位と浮子の数配置法が第22図に示す様に異つているため各回毎の高さは同一曳船間隔の場合でも異るのは当然である。同一計測時の記録での曳船間隔の変化と網口高さとの関係を示したのが第24表、第43図である。

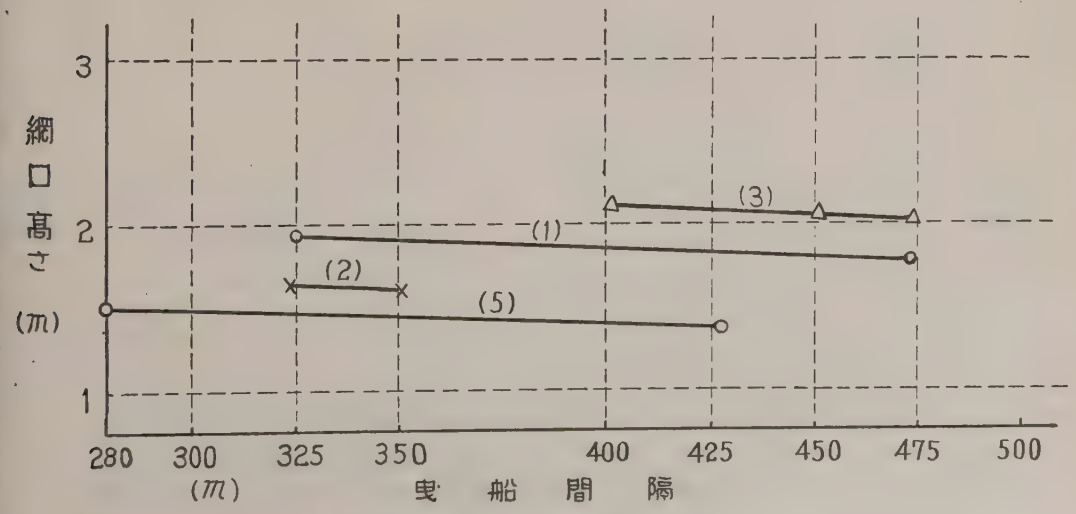
第 24 表　曳船間隔と網口高さ

曳船間隔 ＼ 実験例	1	2	3	5
(m) 325	(m) 1.98 (332m)	(m) 1.70	(m)	(m) 1.50 (280m)
350		1.65		
400			2.10 (414m)	
425				1.40 (426m)
450			2.10 (460m)	
475	1.83 (471m)		2.05 (470m)	

（ ）は曳船間隔

曳船間隔の拡大量と網口高さの減少量の関係は網の対水速度に依つても左右されるため定量的数値は不明であるが第24表より各々の差を拾つて見ると第25表の様になる。現行曳船間隔の範囲を200mから500m迄と見て同量の間隔の拡大（減少）に於ても狭い曳船間隔からの拡大の場合の方が広い処での拡大の場合の方より網口高さの減少率は大きい事が伺える。一応試みに曳船間隔の拡大の場合網の高さの低下量を出して見た。即ち①と②は曳船間隔の変化基礎は 300m 台であるが前者の拡大量が後者より大である事と計測部位が異る（①は奥天井部②は前天井部）ため、③が前二者に比べ異常に少いのは曳船間隔の変化範囲が広い処であるため、⑤は設計不良と思はれる補助前天の装備によるためと曳船間隔の拡大量が大である事によるのではないかと推察される。

次に硝子浮子の数、種類の配置如何で前天井の傾斜は如何様になるかを示したのが第 44 図である。実験例①②の場合の様な配置法であると前天井網は奥天井部より 5 度の傾斜で曳網方向に伏して居り、③④の様な配置であると逆に 5 度の傾斜で上向いて居た。然も前者より網口高さは約0. 4m

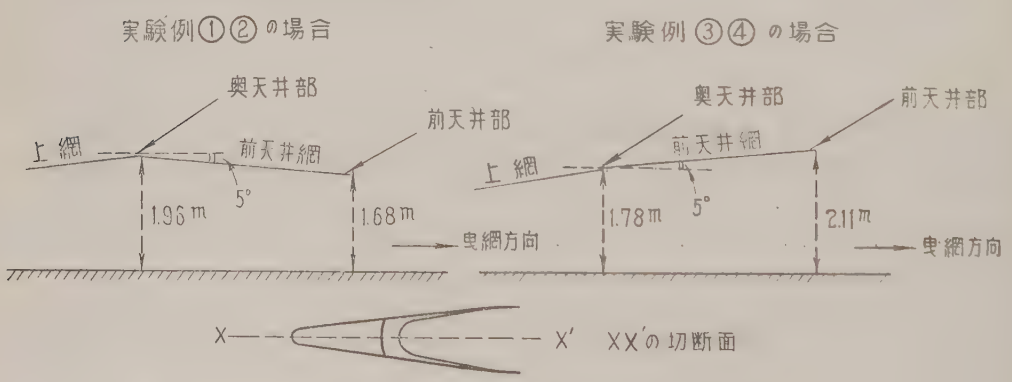


第 43 図　曳船間隔り網口高さとの関係

高くなつている。①②の場合と③④の場合は網そのものは同一物であり曳綱状件も同一である。

第 25 表 曳船間隔の拡大量と網口高さの低下量

実験例 / 曳船間隔の差	1	2	3	5
10m				
20		5cm	5cm	
60				
70			5cm	
139	15cm			
146				10cm
間隔の変化範囲	300m—471m	325m—345m	400m—470m	280m—425m
間隔増（減）に供う網口高さの変化量	1.0cm	2.5cm	2.5cm	0.7cm



第 44 図 浮子装着法による前天井の形状

第 26 表 曳網中のG.R.展開計の抵抗板角度

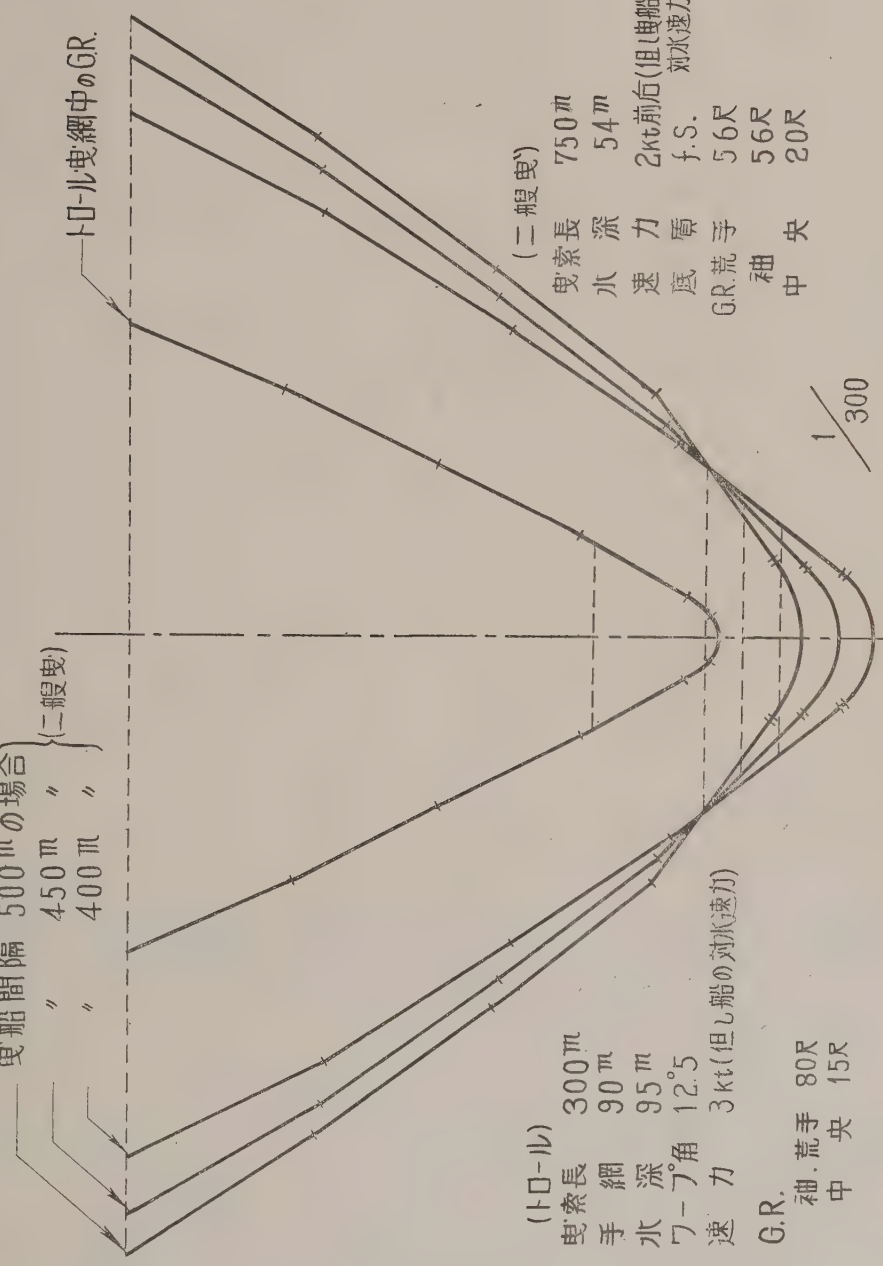
曳船間隔 \ 実験例	a	b	c	d	e
400m	26.5°	32.5'	34°	38°	46°
450m	30°	35°	37.5°	46°	52°
500m	32'	36'	38'	53°	55'

(ii)曳綱中の曳船間隔とG.R. 曲線との関係

計測記録より曳船間隔400m より 500m 迄 50m毎の抵抗板角度を抜き出したのが第26表である。

第25表、第28図でG.R. 曲線を作図すると第45図様になる。

曳船間隔が拡大すると手木間隔は大きくなつているが、拡大する程手木間隔の拡大率は逓減している事が推察される。又手木からR.G. 中央部迄のG.R. の縦長は曳船間隔が大になる程短くなり即ち浅い椀形となつている。是等の数値を第45図の図上より求めたのが第27表である。



第 45 図　二艘曳及びトロール曳網中のG.R.曲線

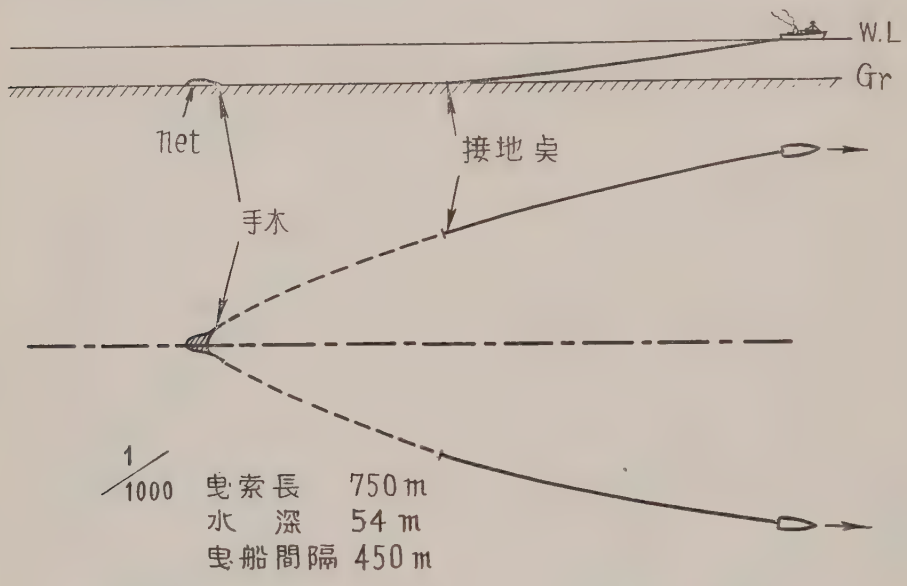
第 27 表

曳船間隔 ＼ 項目	手木間隔 (m)	※袖端間隔 (m)	G.R. 20尺の部の間隔 (m)	手木よりG.R. 20尺の部の中央迄の縦長 (m)
400m	5.1		1.60	8.16
450m	5.4	2.08		11.23
500m	5.5	2.06		11.33

※ G.R.の荒手袖部の結合点の間隔

次に 450m の曳船間隔の場合の G. R. 曲線を基とし曳索長 750m 水深 54m の場合の曳網時の全漁具の立体、平面図を作図したのが第46図である。

この場合曳索の海底との接触点は鋼索の揺れより見て大体手木より 300m 附近の処であつた。接地部曳索の曳船側の最初の接地点の間隔はこの場合 300m となつている。



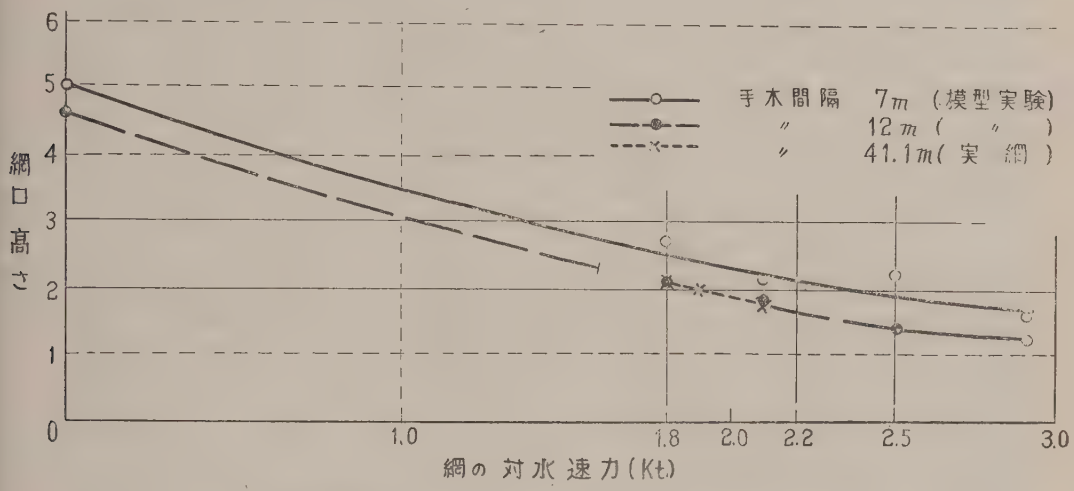
第 46 図 曳 網 中 の 状 態

(iii) 曳網速力と網口高さ及び G. R. 曲線との関係

曳網中網口の高さに影響を及ぼす條件は多々あるが、その一つに網の対水速力がある。水槽模型実験でも明らかな様に、網の速力が増加するに従つて網口高さは減少する訳である。是は飽く迄網と水との相対速力であつて対地速力ではない。今次実験に於て計測したのは曳船の然も対水速力である(流木法)。是は曳船附近即ち水面近くの水の流方向と速力が海底附近と全く同じであり、一応曳索の伸縮がないとすれば曳船の対水速力即ち網の対水速力と云う事が出来る。然しこれは事実上網附近の流れ方向及び流速を測定しない限り不明である。厳密に云えば対地速力を漁具が海底に接している以上網口高さに無影響とは云えないが、主として影響するのは網の対水速力である。網の能率を最良状態に置く速力は、G. R. の開き具合と関連して決定さるべきものであるが、実際上網の対水速力を曳船の対水速力で規制する事は以上の事から云つて不可能である。然し目安として水平面の水流速、方向と海底附近のそれとが大差ないと云う仮定を置いて一応問題を進めて行かなくては実際上速力の決定が困難となる。現場ではこの仮定の下に操業している様に見られる。今回の実測では曳船の対水速力は 1.5kt～2.1kt であり、1.0kt～0.5kt 程度の潮流（又は海流）に順応して曳網していたので前記仮定の下では対地速力は 2.5kt 附近であつたと思はれる。然し網の対水速力は前記仮定に基くと 1.5kt～2.1kt と云う事になる。然も曳船間隔が変動して居るため、網の対水速速力に依る網口高さの変化は不明である。次回実験に網の対水速力計*を使用して解明を行う予定である。27年6月東京水産大学の館山実習場整流水槽に於て行つた二艘曳機船底曳網横型実験（漁研技報第3号に一部発表）に於ける流速と網口高さの変化具合と、今次実験の曳船対水速力と網口高

* 1954. 3 試作完成の予定

さとを比較して見ると第47図の様にたり大体傾向は近似的であつた。但し模型に使用した網漁具は今次実験に使用した網漁具とは若干異つたものである。



第 47 図　模型網水槽実験と実物網との対水速力と網口高さとの関係

c. 「寄セ」「寄セ漕ギ」期間

(i) 「寄セ」中の網高さ及びG.R. 曲線の変化

(イ) 網高さ計記録による解折

第23図より第27図でも明らかな様にすべて「寄セ」開始後暫時曳網中の網口高さを保持してから後増大している。是等の時間を示したのが第28表であつて、「寄セ」期間中初期の約$\frac{2}{3}$の間は曳網中の網口高さを保持し、後期の$\frac{1}{3}$で増大している。

第 28 表　「寄セ」中の網口高さの変化

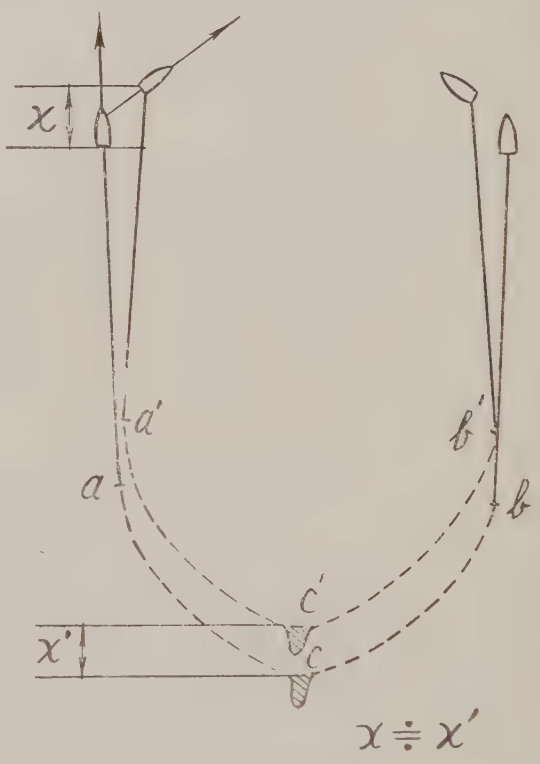
項目 / 実験例	寄セ時間	寄セ始めからの網の高さが増大し始める迄の時間	網高さの増大過程にある時間	寄セ直前の網高	寄セ終了時の網高	寄セ始めと終りの網高さの差	入網魚量	寄セ始めの曳船間隔	計測部位
	分間	分間	分間	m	m	m	函		
1	9	6	3	1.99	2.32	+0.33	21		奥天井
2	8.5	2	6.5	1.62	2.05	+0.43	103	323	前天井
3	10.5	3	7.5	2.10	3.8	+1.90	41	400	前天井
5	13	5	7.0	1.20	4.17	+2.97	0	500	前天井
平均	10.2	4	6.0						

是等の理由として次の事が考えられる。即ち第48図に示す様に初期に於ては曳網針路と内側への転針方向との距りが少いため海中斜行曳索部分の新曳船方向への同調で済み、全体としての抵抗変化も少く、転針後も曳網方向への前進量は大差なく網の単位時間の前進量も大して低下しないためと思はれる。次第に曳索接地部 a′ c′ b′ の曲線が狭まつて来る事により抵抗も増加し曳船の負荷も増加する。又元来の曳網針路と転針路との角度を α 度とし曳網中の前進量を χ とすれば、曳網方向への前進量は $\chi\cos\alpha$ である。両者相俟つて網自体の曳網方向への前進量は低下する。然

しG.R. 曲線の狭まりに依つて網口高さも増大するであろうから前記の網自体の前進量低下による網口高さの増大と合された網口高さが記録される訳であろう。然しその際のG.R. 曲線の狭まり量は大した量ではない様である(次項で述べる)から一応大部分の原因は網の前進量の低下に起因するものと考えられる。

(ロ) G.R. 展開計記録による解折

第29図より第33図で明らかな様に「寄セ」10分間の中最初の平均して約⅔の間は網口高さの場合と同様抵抗板角度は曳網中のそれと変化していない。理由は、(イ)項の場合と同様な事が考えられる。次に全実験例共一度抵抗板角度が増大した後減少している。又手木近くの方が中央G.R. (20尺の部)の方より早く角度が増大している。是は手木附近の方が先に狭まるための斜行を開始するためであろう。抵抗板角度の増大の理由を検討して見ると一応次の事が考えられる。G.R. 曲線が狭まると抵抗板角度は減少しなければならない。第49図に示す様に曳網中はG.R. の一点に於ては曳網方向$\overrightarrow{oa}$に前進しているから、抵抗板角度は∠xoa′を保つたのである「寄セ」を行う事に依りG.R. 曲線が寄まるのでo点は$\overrightarrow{oa}$と$\overrightarrow{ob}$の合成方向に進む事になるため抵抗板角度は∠xodより$\overrightarrow{Co}$の延長方向へ同調する事になる。従つて抵抗板角度は∠xod+∠doeとなる。第29表に示す様に∠doeは平均2度程度の様である。

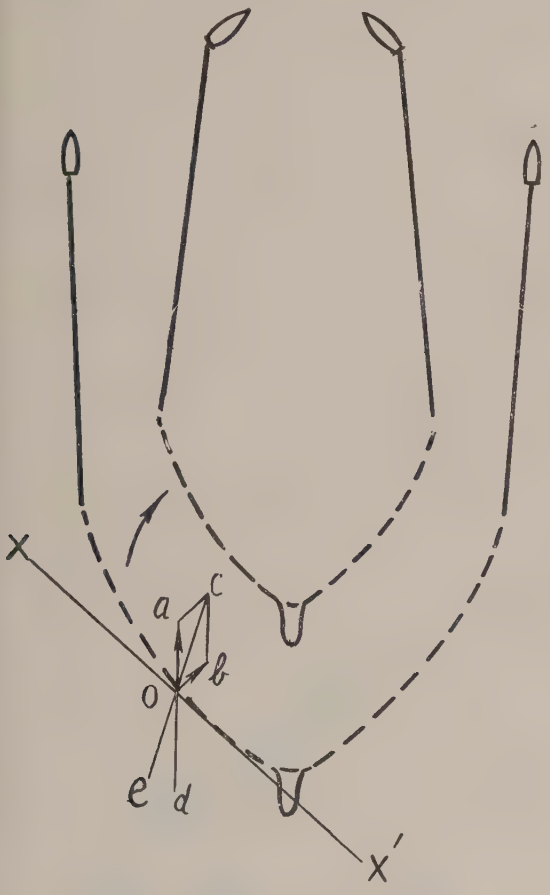


第 48 図 「寄セ」初期の状態

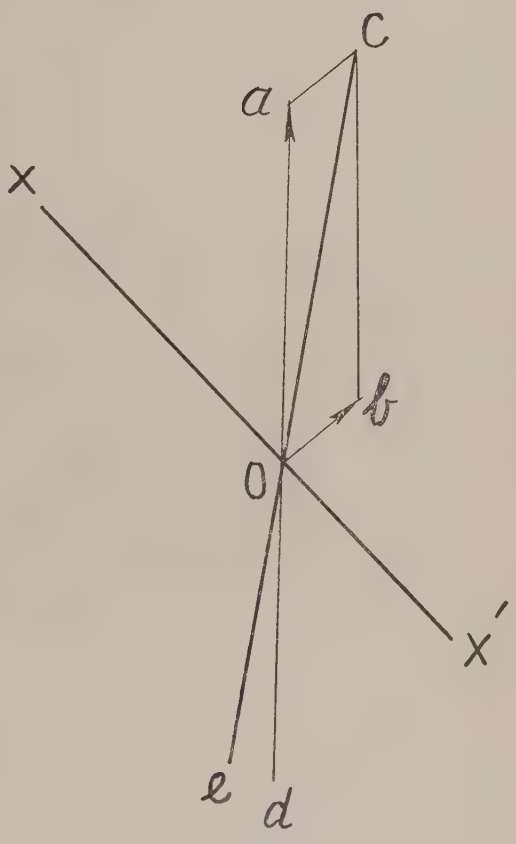
前に述べた様に$\overrightarrow{oa}$は曳網時より減少している事は確かであり、逆に$\overrightarrow{ob}$は増す事になる。今仮りに$\overrightarrow{oa}$が零即ち曳網方向への前進量が殆んど無いとして、$\overrightarrow{ob}$丈とすれば抵抗板角度は90度近くなるであろう。∠doeは2度程度であるから第50図の様に逆に作図して見ると$\frac{oa}{ob} \fallingdotseq \frac{1}{30}$となる。以上から見て∠doeは一応無視しても差支へないであろう。

同一條件下の各点計測であるので一応同時計測点と見做し、角度記録を各点に就て拾い、「寄セ」始めの曳船間隔が異るので共通間隔400mに各々記録中にある該間隔の角度を基として換算して、「寄セ」中の1分間毎に各点の抵抗板角度を求めたのが第29表である。

第29表の数値により作図したのが第51図である。作図によると「寄セ」開始より4分間迄は手木間隔、G.R. の荒手後端部間隔はむしろ曳網時より増大している。この原因は先に述べた∠doeの如き実際以上との角度増大分によるものであろう。従つて第51図に示すG.R. 曲線は実際のものよりやゝ広目になつていると考えられるが先の理由から大した量ではないと推察される。第51図よりG.R. 曲線各部の間隔を求めたものを示すと第30表の様になる。



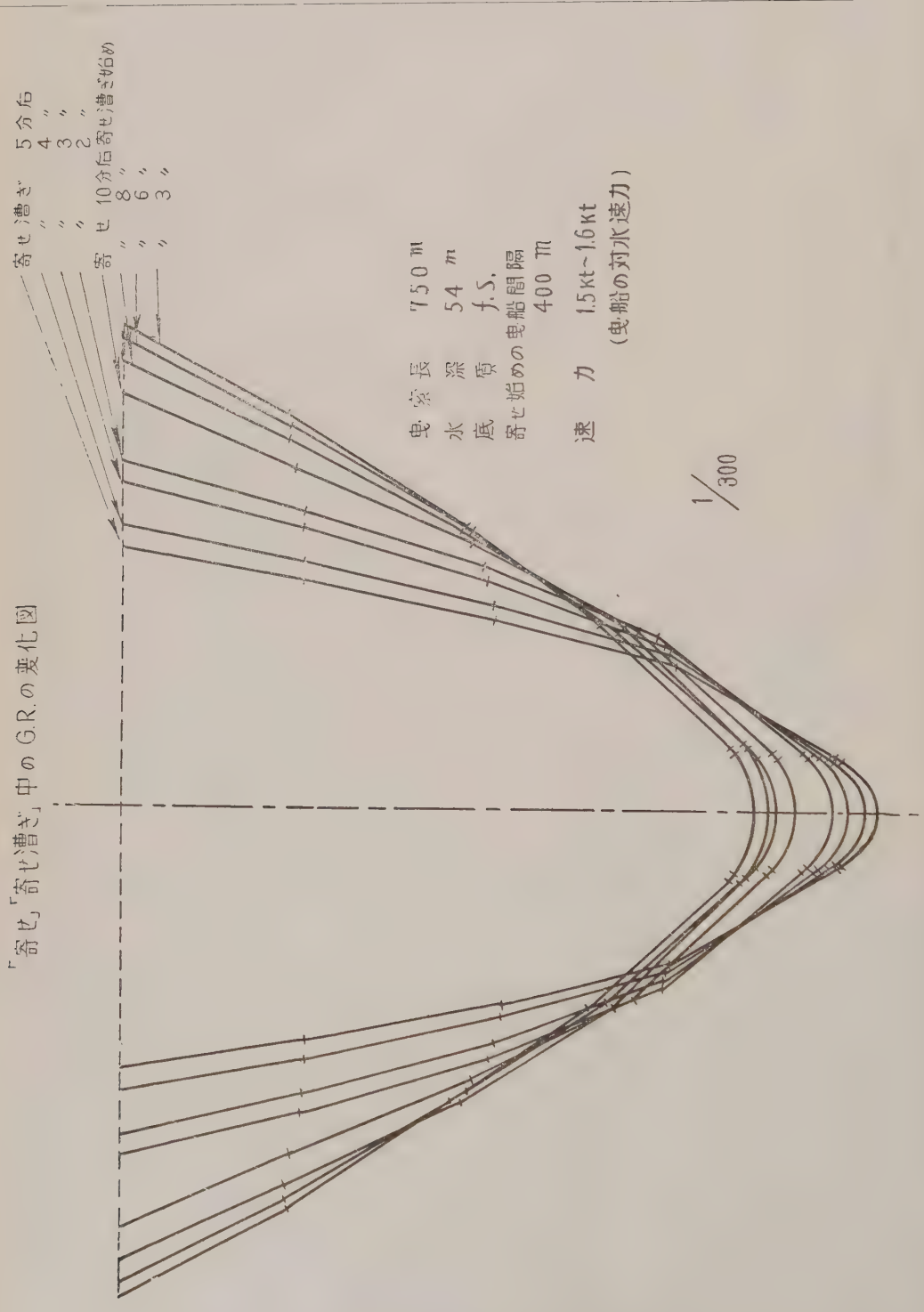
第 49 図　「寄セ」中 G.R. の運動



第 50 図

第 29 表　「寄セ」中の G.R. 展開計抵抗板角度

項目 / 計測点	寄セ始めの曳船間隔 (m)	O(min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	400	27.5 度	27.5 度	27.5 度	28.5 度	30 度	28 度	27.5	27 度	26 度	25 度	24 度
b	400	32.5	34	34.0	34.5	32.5	32.5	30.5	29.5	27.5	25.5	22.5
c	400	34	34	34.5	35	35.5	36	34.5	33.5	32	31	28.5
d	400	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5	42	43	44.5	43	43
e	400	46	45	45	45	45	45	46	46.5	47	48	49.2



第 51 図 「寄セ」「寄セ漕ギ」中のG.R.曲線の変化

(ii)　「寄セ漕ギ」中の網口高さとG.R.曲線

(イ)　網高さ計記録による解折

「寄セ漕ギ」中初めと終りの網口高さの変化を第31表に示す。「寄セ」中の網口の増大傾向と同様の状態で増大している。計測位置及び計測時は毎回異つている事は前述の通りである。従つて増大量は異つているが孰れも減少はしていない。「寄セ」の場合と同様G.R.曲線の狭まり即ち両袖の接近のための網口高さの増大も考えられる。然しG.R.曲線の変化状況を検討して見ると前記のために増大するものか、網の前進速度の低下によるものか孰れが主なる原因であるかが判る。次に「寄セ漕ギ」終了時に網口高さが孰れも急増している。然もその高さは網の停止時のそれに近付いている。この急昇した最初の最大高さは揚索中期以後の高さより大部分が低い。この理由として考えられるのは揚索中の網の速度は終始同速力であると仮定すれば、最初は両袖間隔が広い。即ち両曳索竝にG.R.が平行になつていないと云う事であつて、揚索の過程が進む程平行化する。この事からしても未だ「寄セ漕ギ」終了時に於ても両G.R.は完全平行にならない場合が往々にしてある事を示していると考えられる。その実験例は①③⑤で、大体平行化していると見られるのが②例である。

第30表　「寄セ」中のG.R.曲線の要目

時間＼項目	手木間隔 (m)	荒手後端部の間隔 (m)	中央部G.R.の間隔 (m)	手木より中央泡の曳網方向への縦長 (m)
「寄セ」始め	42.6	26.4	5.4	28.8
〃 3分間	43.8	26.7	5.4	28.2
〃 6分間	42.6	26.4	5.4	28.8
〃 8分間	40.8	25.8	5.1	29.1
〃 10分間「寄セ」終り	37.5	24.3	5.1	30.0

第31表　「寄セ漕ギ」中の網口高さの変化

実験例＼項目	「寄セ漕ギ」時間	「寄セ漕ギ」開始時の網口高さ(m)	「寄セ漕ギ」終了時の網口高さ(m)	高さの差 (m)
1	4分間	2.32	2.48	+0.16
2	6.5	2.05	2.58	+0.53
3	2.0	3.80	3.95	+0.15
5	5.0	4.17	5.20	+1.03

(ロ)　G.R.展開計記録による解折

「寄セ」始めの曳船間隔400mに換算した「寄セ漕ギ」中の抵抗板角度を第32表に示す。

第32表　「寄セ漕ギ」中の展開計抵抗板角度

計測点＼項目	寄セ漕ギ開始時の角度	〃 2分後	〃 3分後	〃 4分後	〃 5分後終了	寄セ漕ギ始めと終りの角度差	寄セ漕ギ時曳船間隔
a	24度	15度	14度	12度	10度	−14度	10m
b	22.5	16.5	15.5	13	11.5	−11	10
c	28.5	24.5	21	15.5	13.5	−15	10
d	42	38.5	35	33	31	− 9	10
e	49.5	47	45.5	42	39.5	−10	10

此の場合も∠doeに類する角度は含まつていると思はれるが前と同様一応考慮外に置く。完全に両G.R.が平行化していれば∠doeは零になり記録角度も零になる筈である。然るに「寄セ漕ギ」を終り揚索を開始しても猶ほ抵抗板角度は減少している。是は「寄セ漕ギ」未期に於ても猶

ほ両G.R.は平行していない事が判断される。第32表に示す数値で「寄セ漕ギ」中のG.R.曲線を作図したのが第5.図である。第51図より求めたG.R.曲線の「寄セ漕ギ」中の各経過時の各部の間隔を第33表に示した。

曳船自体の機関回転数は曳網中「寄セ」「寄セ漕ギ」中同一であるが、「寄セ」の場合より「寄セ漕ギ」の場合が漁具の形状から見て抵抗は減少している事は自記式張力計記録から見ても明らかである。然らば当然曳船の速力は増大したければならない。増大する事により網の前進速度も増大すれば漁具の抵抗も増大する事が考えられるが、逆に減少（両曳索が平行に近くなる）し、そのための接地抵抗が減少するためと思はれ、その直線化分丈船の前進量を増加させる事になる。実測に依ると「寄セ漕ギ」中の曳船速度の増加量は0.1節以下であつた。従つて第33表の様に「寄セ漕ギ」最終時の場合手不間隔は略々23.4mで開始時より14m減少している。最終時の23.4mは未だ相当な開きであるが、前記の様に曳索の大部分は平行化されていると考えられる、揚索過程で殆んど完全平行となる。

第33表 「寄セ漕ギ」中のG.R.曲線の要目

時間 ＼ 項目	手木間隔 (m)	荒手後端部の間隔 m)	中央G.R.の間隔	G.R.の曳網方向への縦長
寄セ漕ギ始め	37.5	25.2	5.1	3.0
〃 2分後	31.2	22.7	5.1	31.8
〃 3分後	29.4	20.7	4.8	32.3
〃 4分後	25.2	18.6	4.6	33
〃 5分後 終了時	23.4	17.4	4.5	33.6

「寄セ漕ギ」の目的は通常次の二目的のためと称されている。

① 曳網中フラツパー前に游泳しているであろう魚族（主として赤物）を増速により強制的に入網させる。

② 両曳索を揚索に便なる様に平行化させる。

この二つの目的に対して果してどの位の効果があるかを今次実験によつて解析して見る。①の場合は殆んど増速になつていないで寧ろ曳網中の速度より低下している様である。又「寄セ」期間に於て前半$\frac{2}{3}$の間G.R.曲線の変化がないと云う事は大体曳索の海底接触部附近を支点として海中斜行曳索が内方に移行するので網の前進は著しく低下すると考えられる。その間にフラツパー前の魚の散逸はまぬかれないと思われる。「寄セ漕ギ」中に於ても前記の如く網の前進速度は増大しているとは考えられない。従つて①の目的は何等かの手段（即ち「寄セ」を長時間で行い網の前進速度の低下を防ぐと同時に曳網中より機関回転数を増す等）を講じなければ達成出来ない様に考えられる。今後フラツパー前の魚族の存在の有無又は増速により強制的に入網させるに必要な網の速度等を追及して行きその対策を講ずべきだと考える。次に②は完全平行化はしていないが揚索開始してから割合小時間（5分間程度）で袖が平行している様であるから一応この程度で大なる不便は感じない様である。是もどの程度以上平行化しなければ揚索に不都合を生じると云う目安を探究して行き、出来る丈「寄セ」「寄セ漕ギ」時間の短縮を計り、短縮された時間を他の有効な操業時間に操り入れる事が望ましいと考えられる。

d. 揚索期間

（i） 自記式網高さ計記録による解析

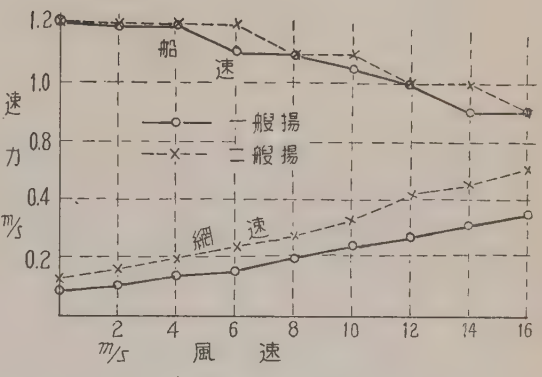
第23図より第27図に示す様に揚索過程に入ると網口高さは例外なく上昇している。是は操作上より見て推進器の回転を止めサイドローラーに依り曳索の捲き取りを初めるためその切替への間曳船の船首方向への前進が停り、網も従つて前進を停止する事になる。勿論網は対地の速力が零になるのであつて、対水的にはその附近の海潮、潮流のために零にはならないと思はれる。然し今迄の網

の前進力が零となつた丈順潮、逆潮の孰れの場合でも網の対水速力は減少する筈である。従つて揚索期間に入ると網口高さが上昇するのは当然である。今仮りに対水速力が零になつたとすれば網口高さは投網後着底停止期間の網口高さより手木間隔の狭まり具合から見ても高くなる筈である。実験例②を除いては殆んど初期の間はそれらより低く記録されている。是は一応次の事が考えられる。即ち曳索捲回を初めると船と網との相互の接近が開始される訳であるが、その場合網の方が船側にどれ丈引き寄せられるか、又船が網の方にどれ丈後進させられるかである。是は各々のすべての抵抗の和の釣合つた処で曳索が捲かれ網、曳船が相寄る事になると考えられる。日東漁業株式会社の第35日東丸を例にとり潮（海）流なき場合の曳船の風圧抵抗、船体の流水抵抗等と網の流水、接地磨擦抵抗（自記式張力計記録による）等で各々が各風速時にどの位相寄るかを計算して見た（漁研速報）一艘揚げの場合と二艘揚げの場合は船の抵抗量が異るので、自ら二者の関係も異つて来る。此の時の曳索の捲き上げ速度を1.2m/sec揚索期間中一定であると仮定した。それらの関係を示したのが第34表と第52図である。

第 34 表

揚索(網)時の各風速に於ける船と網との速度

風速 m/s ＼ 項目	一艘揚ゲ 船速 m/s	一艘揚ゲ 網速 m/s	二艘揚ゲ 船速 m/s	二艘揚ゲ 網速 m/s
0	1.2	0.08	1.2	0.13
2	1.2	0.1	1.2	0.16
4	1.2	0.13	1.2	0.2
6	1.1	0.15	1.2	0.24
8	1.1	0.2	1.1	0.28
10	1.05	0.24	1.1	0.34
12	1.0	0.27	1.0	0.41
14	0.9	0.31	1.0	0.45
16	0.9	0.35	0.9	0.51



第 52 図　揚索時の各風速に於ける船と網との速度

第34表、第52図の様に風速が増大するにつれ船の後進速度は減少し、逆に網の前進速度が増大して来る。従つて実験例②の場合は風力が2程度であるため割合網が船に引き寄せられる量が少く、船の方が網の方に引張られるため、網口高さも大体停止高さ附近を始めから記録したのであろう。実験例①③⑤の場合は風力3～4程度であつたため船の抵抗が増大するので網が引き寄せられる量が②の場合より大となり、網の対水速力が増大し網口高さも割合高くならないのではなかろうか。又風があると波浪が生ずる訳であるが、一応この波浪が船尾え激突した場合生ずる抵抗は前記の表図には含んでいない。然し当然この波浪衝撃（前記の船で風速16m/sの場合は瞬間衝撃が30屯以上となつた）は加はる。サイドドラムによる曳索の捲回量が変らない様であるから船の後進は急停止の状態になる。従つてその量丈網は船側え急に引き寄せられる事となる。即ち網の急進となり網口は急激に降下する事になる。記録での網口高さの乱れ（上下）はこの波浪衝撃に起因するものと推察される。船尾形状如何では更に波浪衝撃も大となり網及び曳索の急衝となりその疲労もそれらの繰返しにより大なるものがあると思はれる。大体風速10m度で7秒の周期で船尾に波浪が来襲していた。この波浪の全部に衝突する訳でなく乗り越える場合もあつた。今後自記式網高さ計の記録紙

の送り速度を早める事により更にこの関係を精しく調べたいと考えてゐる。

結局船尾形状を波浪衝撃が少い様なものとし、然も波かぶりがないものとする必要があろう。又は船尾揚げを止め適当な構造を施して船首揚げとし、揚索過程中の船体抵抗を出来る丈少くし、併せて推進器を使用する事に依り曳索にこの種の張力を加えないで揚索する事を研究するのも一方法かと考えられる

(ii) 自記式G.R.展開計に依る解析

第29図より第33図の記録に示す様に「寄せ漕ぎ」終る時に於ても猶ほ抵抗板角度は10～30度位を記録して居り、揚索過程で次第に減少して10～20度になつている。従つて左右両袖は完全平行とはならないと推察される。此の間約5分間で大体揚索所要時間（網が水面に来る迄）が10分間であつたから約½で最低角度となつて後は大きな振幅で振れている。この時間が又5分間程度である。

然しこの最初の振れ群は後の振れと比べて振幅が小規模である。是は網が海底から離れたり浮いたりしている過程と海底から離れて後抵抗板に当る流水抵抗による振れの過程ではないかと推察される。平均水深 56mで曳索長770mであつたから、曳索捲回速度1.2m/sで一定とすればこの條件下では曳索長を350m収納する迄、即ち残りの曳索が410m程度になる迄は網は確実に海底を曵つている事が判る。その後は次第に浮いたり着底したりしながら船側え引き寄せられ次第に離底して行くのであろう。後の大振幅群は水面近くで曳索を収納し終つた後から網を甲板上に取り入れる迄の抵抗板の振れであろう。

(2) トロール網に就て

実験日時、場所、船は2で示した通りで使用漁具は120尺トロール網であり、水深、底質、曳網速力、曳索長、手網長等を第31表に示す。実験要領は二艘曳機船底曳網の場合と同様である。実験中途で沈下して居つた直径1.5米の鉄ブイが網高さ計の連通管を切断したため爾後の実験は中止した。但しG.R展開計の実験は同年10月日本水産所属のトロール漁船高丸（G.T.270）で行つたものである。

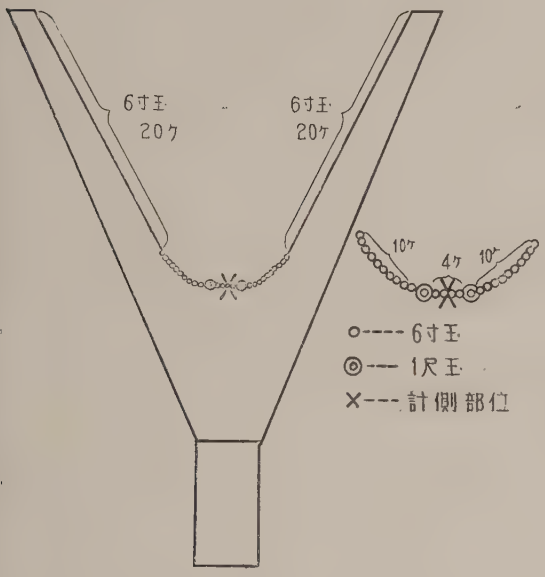
第35表

項目 / 計測器	水深 (m)	底質	曳網速力（曳船対水速力）(kt)	曳索長 (m)	手網長 (m)	オッターボード	実験船
網高さ計	68	M.S.	3.0	200	100	整調式	天草丸
G.R.展開計	95	M	3.0	300	100	整調式	筥崎丸

a. 網高さ計による記録

この際使用した硝子浮子は第53図並びに第35表に示す。

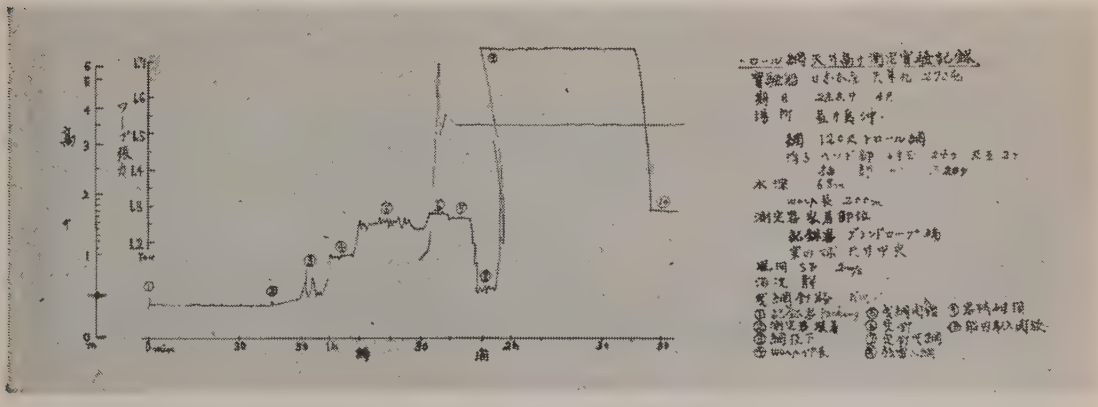
第54図に示したのがその記録である。記号①は記録を開始した点で②が計器をG.R.及び天井中央（ヘツドロープ中央）装着した点であり③が網を舷を越して投下した時である。④が船が前進を始め曳索を伸長しつつある時であつて、此の場合大約G.R.と天井部との開き（垂直巨離）で1mは落ち付いて居り、この儘の状態で除々に沈降している様である。Otter Boadは③の過程で投入している。⑤は網が着底して曳網を開始した後の過程であり、網口高さが10糎から20糎程度上下して居るが、是はOtter Board等のフラツキ即ち未だ安定しない状態にあるためではないかと考えられる。⑤の終りで曳網舷（右舷）に約90度変針したので網口高さも変化して約10糎程度増大している。⑦に至つて始めて定針曳網をして居り此の時の網口高さが1.65mで殆んど安定して居る。張力計の測定も⑤～⑥の変針時には抵抗増大して居るが次第に減少して⑦で1.52Tonsになり安定して



第 53 図　トロール網硝子浮子配置

第 35 表　トロール網硝子浮子種類の数量

装着部位 / 大きさ	天井部	袖　部
6 寸　玉	24ヶ	20ヶ
1 尺　玉	2ヶ	

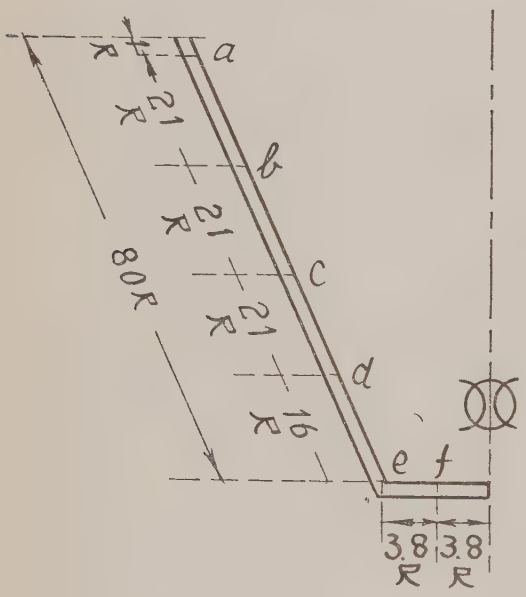


第 54 図　天草丸網高さ計記録

居る。⑦から急激に網口高さが0.6m附近に降下しているのは、網高さ計の連絡管で鉄ブイを抱き込み、天井部が圧下され、遂にパイプの切断を来し水圧が空盒に加わる事となつて記録は記録最大限迄上昇したと考えられる、揚網後前記鉄ブイが入網していた事より推察された。⑩は計器を網と共に甲板とに取り入れた時のもので水圧が無くなつたゝめ記録高さが減少したのであるが、既に空盒の破壊のため零点には戻らず1.70mと云う任意の処を指した訳である。以上の事故のためトロール網に関する実験は次回に譲り今回は此の程度に留めざるを得なかつた。

b.　G.R.展開計による記録

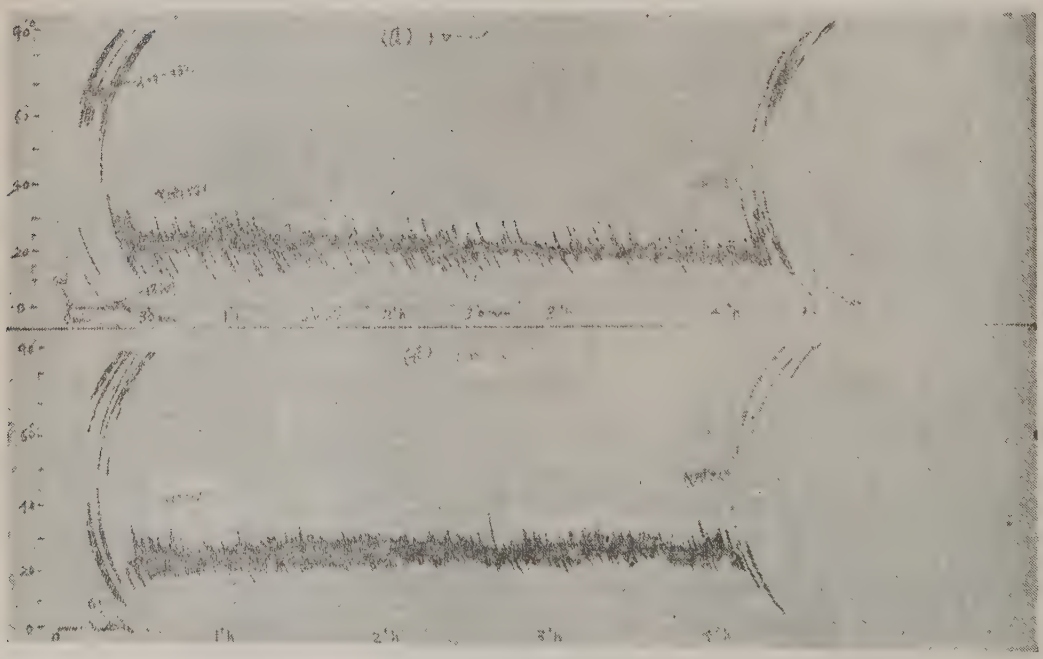
第55図、第36表に示す各点で計測を行つた。その記録は第56図より第58図及び第37表より第42表に示す。同條件下の曳索展開角12.5°のものを拾つて見ると抵抗板角度は第43表の様になつた。



第 55 図 G.R. 展開計の装着点

第 36 表 展開計装着位置

項目 / 計測点	手木よりの距離
(a)	1尺
(b)	22
(c)	43
(d)	64
(e)	80
(f)	水戸口より3.8尺



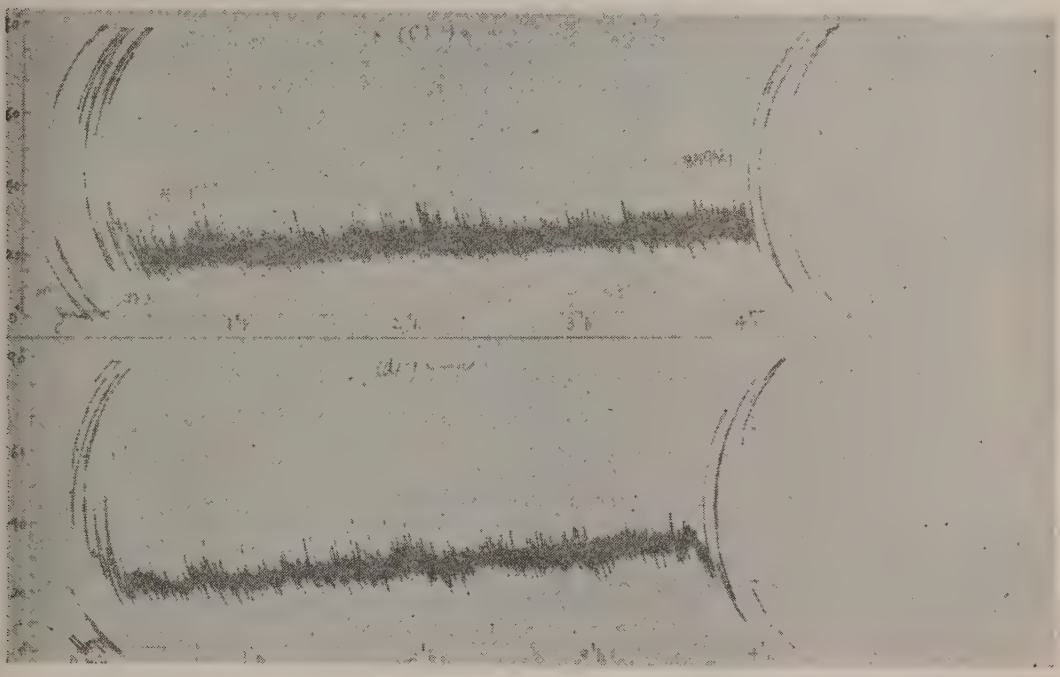
第 56 図 G.R. 展開計記録 (a) (b)

第37表　G.R.展開計の記録(a)の表

項目	時 h	間 m	経過時間		海況	水深	速力	warp 長 / 〃 角	角度
Set	13	40	0	0	風 E 1				
投入	14	0	〃	20	Co. E				
オッター投入	〃	12	〃	32					
トウイング括約	〃	18	〃	38					
曳網始	〃	20	〃	40		89 m	2.94 ht	290 m 12.5	25°
	〃	30	〃	50				12.5	22
	〃	40	1	0				〃	22.5
	〃	50	〃	10				〃	〃
	1	0	〃	20				12.8	〃
	〃	10	〃	30				〃	〃
	〃	20	〃	40				12.6	〃
	〃	30	〃	50				12.5	23又ハ 22.5
	〃	40	2	0				310 m 12.3	22.5
	〃	50	〃	10				12.3	22
	16	0	〃	20				〃	21.5
	〃	10	〃	30				12	20
	〃	20	〃	40				12.3	〃
	〃	30	〃	50				12.2	20.5
	〃	40	3	0				〃	20
	〃	50	〃	10				〃	19.5
	17	0	〃	20				11.8	19
	〃	10	〃	30				11.2	〃
	〃	20	〃	40				〃	〃
	〃	30	〃	50				〃	18
	〃	40	4	0				12.5	〃
	〃	50	〃	10				〃	17.5
曳網終	18	0	〃	20		98 m		12	〃

第37表 G.R.展開計の記録(b)の表

項目	時間 h	時間 m	経過時間 h	経過時間 n	海況	水深	速力	warp 長 〃 角	角度
Set	18	18	0	0	無風				
投入	〃	38	〃	20	Co. w			310 m	
オッター投入	〃	50	〃	32					
トウトング括約	〃	55	〃	37					
曳網始	〃	59	〃	41		98		12.8	
	19	10	〃	52		〃		12.5	23.5
	〃	20	1	2		96		12.2	〃
	〃	30	〃	12		〃		〃	〃
	〃	40	〃	22		〃		11.7	24
	〃	50	〃	32		〃		12.1	25
	20	0	〃	42		〃		12.5	26
	〃	10	〃	52		97		11.8	〃
	〃	20	2	2		〃		11.2	〃
	〃	30	〃	12		93		11.0	27
	〃	40	〃	22		94		〃	26
	〃	50	〃	32		93		〃	26.5
	21	0	〃	42		92		11.2	27.5
	〃	10	〃	52		93		10.8	25.5
	〃	20	3	2		94		11.0	〃
	〃	30	〃	12		93		10.3	〃
	〃	40	〃	22		91		10.0	〃
	〃	50	〃	32		〃		11.0	28
	22	0	〃	42		89		10.9	27.5
	〃	10	〃	52		90		10.5	28
	〃	20	4	2		〃		10.0	25
曳網終	〃	30	〃	12		89		10.0	26



第 57 図　G.R.展開計記録(c)(d)

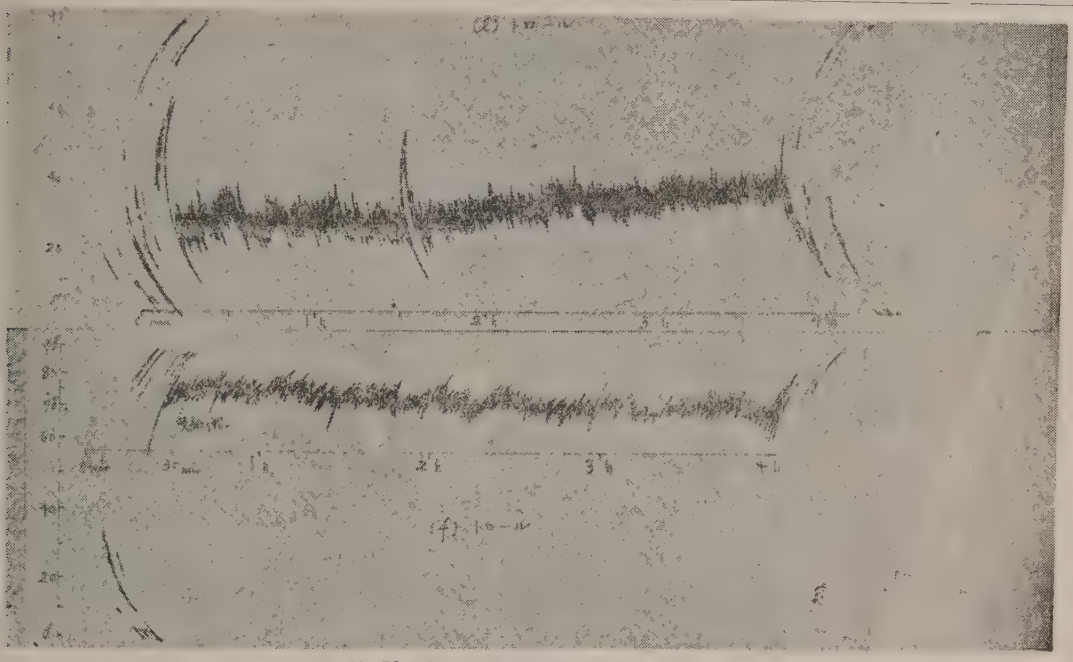
第 39 表　G.R.展開計の記録(c)の表

項目	時間	経過時間	海況	水深	速力	warp 長 / 〃 角	角度
	h	h					
Set	23 0	0 0	風 WNW 2				
投入	〃 15	〃 15	潮				
オッター投入	〃 33	〃 33	ENE ～ESE				
トウイング括約	〃 39	〃 39	Co. E				
曳網始	〃 41	〃 41		89 m		290m 13.2	20
	〃 50	〃 50		〃		13	〃
	24 0	1 0		〃		13.5	22
	〃 10	〃 10		〃		13	23
	〃 20	〃 20		90		〃	22.5
	〃 30	〃 30		92		13.1	〃
	〃 40	〃 40		〃		13	23
	〃 50	〃 50		〃		〃	〃
	1 0	2 0		91		300m 12.5	24
	〃 10	〃 10		〃		〃	25
	〃 20	〃 20		〃		〃	〃
	〃 30	〃 30		94		〃	25.5
	〃 40	〃 40		〃		12.3	〃

	〃	50	〃	50		〃		12.2	〃
	2	0	3	0		〃		310 m 12	〃
	〃	10	〃	10		〃		〃	26
	〃	20	〃	20		〃		11.5	27.5
	〃	30	〃	30		95		〃	27
	〃	40	〃	40		〃		〃	28.5
	〃	50	〃	50		〃		〃	29
曳網終	3	0	4	0		〃		11.3	30

第40表 G.R.展開計の記録(d)の表

項目	時間		経過時間		海況	水深	速力	warp 長 〃 角	角度
	h		h		風				
Set	3	37	0	0	W～WNW				
投入	〃	53	〃	16	2 ～ 4				
オッター投入	4	0	〃	23	潮				
トウイング括約	〃	5	〃	28	SE～SW				
曳網始	〃	7	〃	30		95 m			
	〃	20	〃	43				300 m 11.5	21
	〃	30	〃	53				10	23
	〃	40	1	3				10.5	〃
	〃	50	〃	13				10	〃
	5	0	〃	23				10.5	23.5
	〃	10	〃	33				〃	25.5
	〃	20	〃	43				10	〃
	〃	30	〃	53				10.5	26
	〃	40	2	3				11	27
	〃	50	〃	13				10.5	28.5
	6	0	〃	23		93		11	27
	〃	10	〃	33		〃		10.5	29
	〃	20	〃	43		〃		11.5	30
	〃	30	〃	53		92		〃	29
	〃	40	3	3		〃		12	30
	〃	50	〃	13		〃		12.5	31
	7	0	〃	23		90		12	32
	〃	10	〃	33		〃		13	33.5
	〃	20	〃	43		〃		〃	〃
	〃	30	〃	53		87		〃	35
曳網終	〃	39	4	3				〃	



第 58 図　G.R.展開計の記録 (e) (f)

第 41 表　G.R.展開計の記録 (e) の表

項目	時間		経過時間		海況	水深	速力	warp 長 / 〃 角	角度
	h	m	h	m	風				
Set	7	51	0	0	NW 4				
投入	8	3	〃	12	Co. ENE				
オッター投入	〃	10	〃	19					
トワイング括約	〃	16	〃	25					
曳網始	〃	18	〃	27		87m		280 m 13.0	
	〃	30	〃	39		〃		12.9	30
	〃	40	〃	49		90		12.6	34
	〃	50	〃	59		〃		12.8	27
	9	0	1	9		〃		12.2	28.5
	〃	10	〃	19		〃		12.9	29.5
	〃	20	〃	29		92		12.1	〃
	〃	30	〃	39		〃		〃 300m	28
	〃	40	〃	49		〃		11.3	27.5
	〃	50	〃	59		〃		〃	29
	10	0	3	9		〃		11.5	30
	〃	10	〃	19		〃		12.1	31.5
	〃	20	〃	29		94		11.3	33
	〃	30	〃	39		〃		13	32.5
	〃	40	〃	49		95		12.1	35

	〃	50	〃	59		〃		12	〃
	11	0	3	9		〃		12.5	34
	〃	10	〃	19		96		12	34.5
	〃	20	〃	29				12.1	38
	〃	30	〃	39				11.8	〃
	〃	40	〃	49				〃	38.5
	〃	50	〃	59				12.3	〃
曳網終	〃	58	4	7					

第42表 G.R.展開計の記録(f)の表

項目	時間 h	時間 m	経過時間 h	経過時間 m	海況	水深	速力	warp 長 〃 角	角度
Set	12	11	0	0	風				
投入	〃	25	〃	14	NW 4				
オッター投入	〃	30	〃	19					
トウイング括約	〃	36	〃	25	CoW/N				
曳網始	〃	38	〃	27		97 m		12.7 300m	
	〃	50	〃	39		〃		11.6	75
	13	0	〃	49		〃		11.1	〃
	〃	15	1	4		〃		11.3	75.5
	〃	20	〃	9		〃		11.2	75
	〃	30	〃	19		96		11.3	73
	〃	40	〃	29		97		11.2	〃
	〃	50	〃	39		〃		11.3	72.5
	14	0	〃	49		95		11.5	71
	〃	10	〃	59		〃		11.2	72
	〃	20	2	9		〃		11.1	69
	〃	30	〃	19		93		11.3	73
	〃	40	〃	29		92		11.4	70
	〃	50	〃	39		〃		11.2	〃
	15	0	〃	49		〃		11.3	〃
	〃	10	〃	59		90		11.4	〃
	〃	20	3	9		〃		11.2	68
	〃	30	〃	19		92		11.3	〃
	〃	40	〃	29		93		11.2	70
	〃	50	〃	39		〃		11.5	〃
	16	0	〃	49		92		11.5	〃

	〃	10	〃	59		89	11.4	〃
曳網終	〃	17	4	6				

第43表　曳網中の各点の抵抗板角度

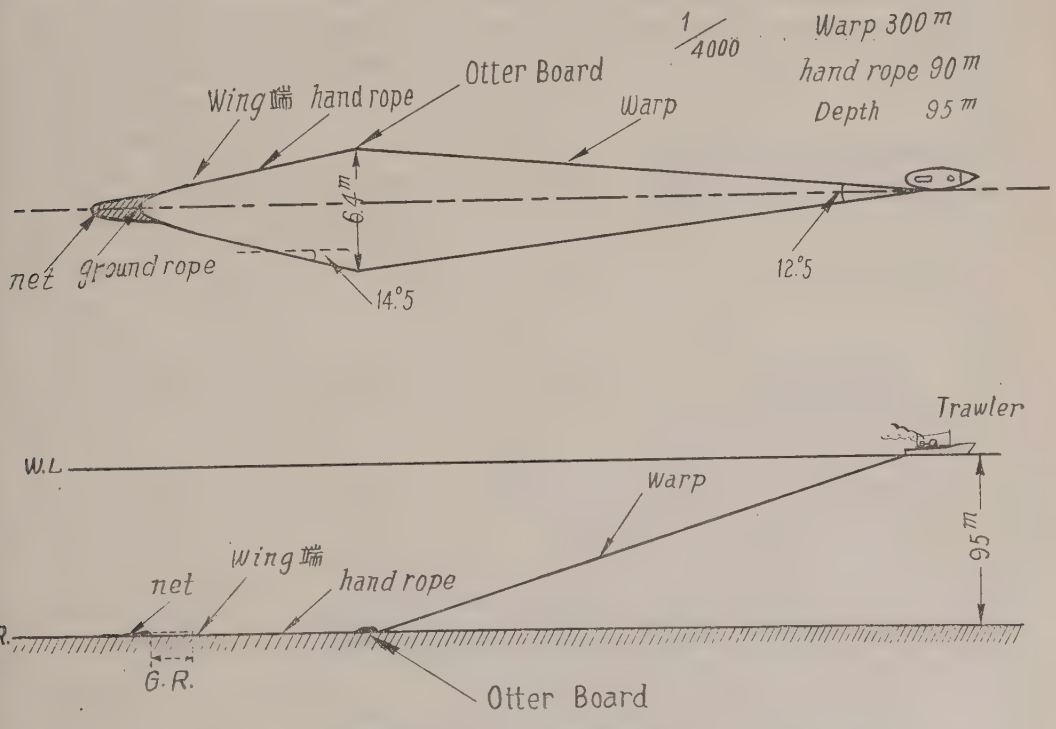
項目 計測点	抵抗板角度(度)
a	22.5
b	26.0
c	25.5
d	30.0
e	34.0
f	71.0

第44表　曳網中のトロールのG.R.各部の要目

手木間隔	袖間隔	天井下の間隔	G.R中央部の間隔	荒手端より中央迄のG.R.縦長
24.6m	13.5m	8.1m	3.3m	23m

第13表に示す角度で作図すると第45図の様になる。作図上より求めたG.R曲線の各部の要目を示したのが第44表である。

前記條件の下に曳網状態を立体平面で作図すると第59図の様になる。



第 59 図　トロール曳網状態図

む　す　び

漁具解析用計測器として先ず底曳網を対称として研究を進めた訳であるが、先ず是等に就ては実験室的な用途にのみ供するものと、現場的用途に供するものとがあらねばならない。今回の自記式網高さ計と自記式G.R展開計とは現場に於て実際に操業に従事している人々が使用し、漁具漁法

の改良に資する様にとの目的で考案、設計、試作し又現場に於て実験を行つた訳である。そのためには取扱いが簡単で堅牢である事が必要條件である。取扱いの点に関しては大体現場に於て充分使用出来然も操業に大して差支えを生ずる様な点はなかつた。只堅牢の点に於て自記式網高さ計の連通管が吾々の満足の行く材料のものがなく、現在銅パイプを用いている訳であるが、柔軟性に於てはアニールを施す事により網成りを是により崩す事がない程度に持たす事が出来たが、将来は更に柔軟性のあるものの研究に努める心組みである。反復屈曲等に依りパイプに亀裂を生じたり、切損する恐れがある事も将来一応考慮に入れて対策を講ずる必要があると考えている。現在でも相当長期間の使用に充分堪えると考えている。自記式 G.R 展開計に関しては外筐の取外しに今少し労少くする方法を講ずる必要が実験に際して感じたので、目下試作中の右袖用（トロール用）のものには改良を施してある。二艘曳機船底曳網に就ての実験結果に於て漁法の面、漁具の面に於て相当従来の考えて居た事と変つた結果が出た訳であるが、今回更に計器そのものの実用実験と共にこれらの点も精しく追及してゆく考えである。又網の対水速力を知る方法が現在ないので網の対水速度計を設計試作中であるので、次回実験に於ては此の盲点も追及してゆき併せて曳網中の各部の網目の開度が如何になつているかを知り、必要最大限の網目を追及して資材の節約並びに網漁具の抵抗減少に資する考えで、是亦目下網目記録計として試作中である。実験に当り御協力を頂いた日本水産株式会社戸畑支社同社吉村次長他各位天草丸上西船長、宮崎丸山本船長、松丸熊野船長他乗組各位並びに同社吉富治図氏の細部に亘る御配慮に対し深謝する。又本計器製作に当られた柳計器株式会社、光進電気工業株式会社に感謝の意を表する次第である。（葉室、石井）

研究担当者　熊凝武晴
葉室親正
石井謙治

魚群探知機の装備に関する研究

(I) 船底突出型整流覆の形状に関する研究

Mounting of Transducer of the Echo-sounder (I). Study of the Form of Projected Type Streamelined Cover

概　要

音響測深機或いは魚鮮探知機を船の航走中に使用する場合に起る超音波の減衰は、主として船底気泡層の存在に因ると考へられるので、この影響を避ける為に船底より突出した整流覆を設けて超音波送受波面を気泡層外に置く方法が工夫されている。この整流覆の有効突出量は覆の下面にツバを附することにより小さくすることが出来るとの観点から、模型水槽試験及び小型試験艇による海上実験を行つた。

水槽で使用した模型は実物の½大で、長さ 500 mm、深さ 200 mm、これを平板に付して水中を曳行し、毛糸の動きにより流れの状況を調べた結果、ツバを附することにより必要突出量を約½程減じ得ることが判つた。

次に長さ 4 m巾 1 mの箱型試験艇に船底下突出量を変化し得る様超音波送受波器を内臓せる整流覆を装備して、走航減衰量を測定した所、ツバを附すれば船速 2.4～3.2 節では、突出量 2 cmで実用的には走航減衰量は無視し得る様になるが、在来型では約 10 cmの突出を必要とし、その差は 8 cm位になる。又船速が 5 kt位になるとこの差は約 6 cmとなり、ほゞ水層試験の傾向と一致する成績を得た。以上今回の実験の範囲ではツバを附すると、覆の突出量をツバのない時の約 3 分の 2 位にして差支へない結果を得たが、実際の漁船に装備する場合に就いては、更に今後の研究に俟つ必要があると考へられる。

ABSTRACT

It seems that the attenuation of ultrasonic waves of the echo-sounder or of the fish finder is caused by the ship bottom bubble layer, while the ship is running. To prevent this disturbance, the streamlined cover, which is projected from the ship bottom, has been used and the ultrasonic transducers are kept outside of the bubble layer. Then, the auther made a model test in an experimental tank and a field test by a small experiment boat, because it was considered that the amount of projection could be decreased by fitting a brim at the lower end of the cover.

The size of the model is about half the actual cover (length 500 mm, depth 200 mm). The model was fitted with a flat plate, and towed in water, and the flow around the model was observed by the motion of woolen yarns pasted on its surface. As the result, it is realized that it is possible to decrease the amount of projection by fitting the brim at the cover end. Then, the same model was fitted to an experiment boat (length 4 m, breadth 1 m, ark type) with an ultrasonic trasducer in it, and the running attenuation was measured at different depths of projection.

The results show that the running attenuation is negligibly small at 2.4～3.2 Knots in case of the cover which has a brim and project 2 cm, but without brim, projection of at least 10 cm is necessary and its difference is 8 cm. At 5 Knots this difference becomes 6 cm. These results obtained in the field test obviously agree with the tank test results.

As mentioned above, 1/3 of the amount of the projection can be saved by fitting a brim to the cover.

Further study is required to effect a good mounting of an echo-sounder to practical ships.

【項　　目】

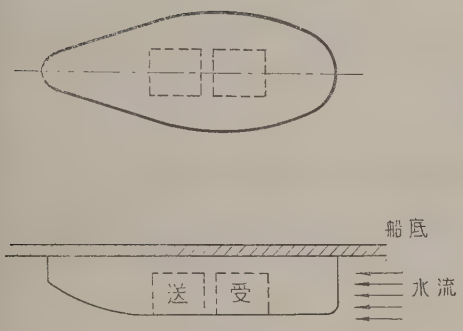
まえがき
1. 現用の整流覆とその改善法
2. 水層試験
(1) 整流覆模型及び試験装置
(2) 実験結果
a. 在来型の場合
b. ツバ付の場合
3. 小型試験艇による海上実験
(1) 装置及び方法
a. 試験艇及び整流覆の装備
b. 試験艇の曳航
c. 測定方式及び測定機
(2) 実験結果
むすび

まえがき

音響測深機或ひは魚群探知機を装備した漁船が停止時には海底又は魚群等を探知する事が出来ても、航行時には探知不能となる事が屢々あると云はれてゐる。この原因に就いては従来、船底送受波器振動面を気泡が通過し、これが為に超音波の減衰を招来するものと考へられている。そこでこの影響を避ける為送受波器を船底から突出せしめた整流覆の中に装備する事が一般に行はれている。

この整流覆は第1図に示す様なもので、一般に木製或いは金属製であるが、船底にこの様な整流覆が突出していると云う事は、操船上決して好ましいものではなく、これを避ける為、上下式装備をしている船もあるが、固定式の場合には、その形状、寸法は超音波の減衰を来たさない範囲に於いて、出来るだけ小なる事が望ましい。

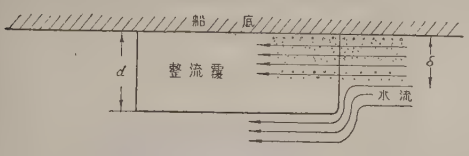
本研究に於いては、在来一般に使用されている整流覆の模型に就いて、先づ試験水槽に於いてその形状を研究し、更にその改善法としてツバを付けた場合の効果を調べ、次に小型試験艇にこれを装備して海上実験を行つたので、その概略を報告する次第である。



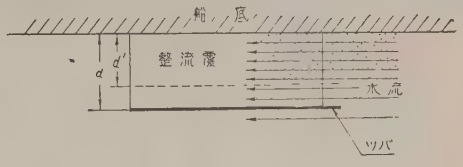
第１図　整流覆の一例

1. 現用の整流覆とその改善法

先に述べた様に、中型漁船（50～60屯）、特に木造漁船に魚群探知機の送受波器を船底装備する場合には、多くの場合突出装備を行う。この場合整流覆と水流との関係に就いて少しく考えてみると、従来の整流覆では、第２図に示す様に、覆の下部に当つた水流はかなり送受波器振動面へ廻り込むものと考えられるが、これに第３図の様にツバを付けるとその流れは整流され、この時の気泡層厚さをＳとすると、在来型の場合 δ なる突出量を必要としたものが、ツバを付ける事により、Ｓより少し大きい δ' でよい事になる。即ち、従来ツバなしの覆の時には船底気泡層の厚さよりかなり大なる突出量を必要とするが、それにツバを付ける事により相当量減少し得ると考えられる。



第２図

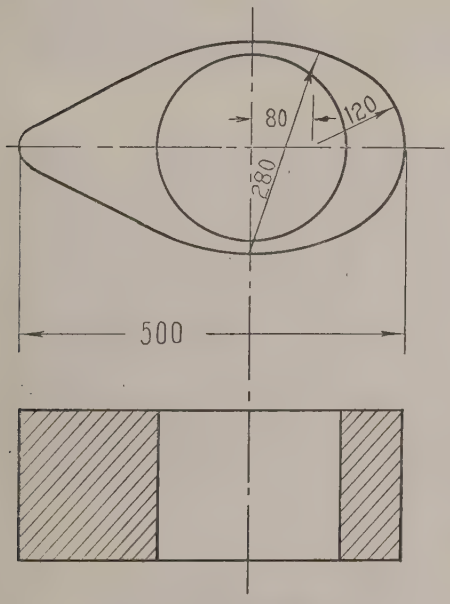


第３図

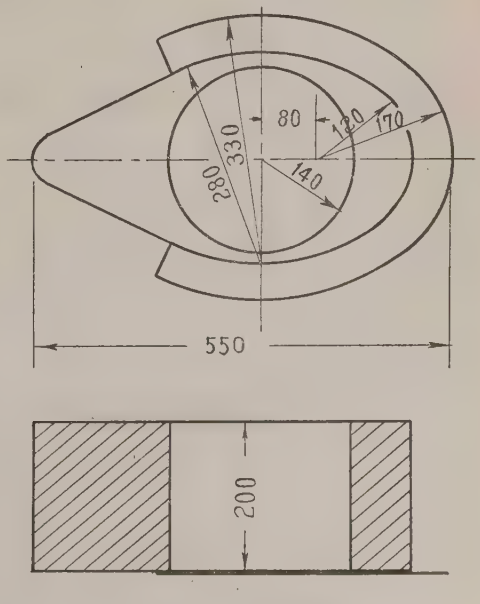
2. 水層試験

(1) 整流覆模型及び試験装置

今回実験に使用した模型は木製で、実船のものゝ約２分の１（第４図）、及びこれに金属（アルミ）のツバを付けたものとである（第５図）。この模型の表面には第６図及び第７図の写真に見る様



第４図　在来型模型

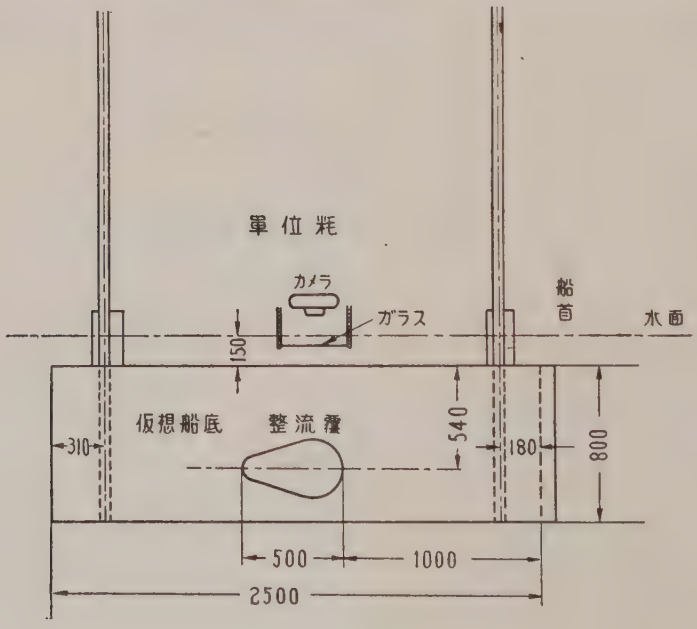


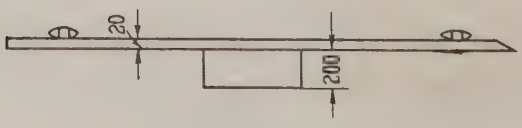
第５図　改良型模型

に、長さ約3糎の白或ひは黒色の毛糸を付け、この運動により流れの状況を見る様にした。この模型は第8図、第9図の様に長さ2.5m巾0.8mの木製平板（仮想船底）に取り付け、この仮想船底を更に曳行車に固定し、実験中は写真撮影をして、流れの状態を判定する様にした。尙模型中心線の深さは0.69mである。

第6図　在来型模型

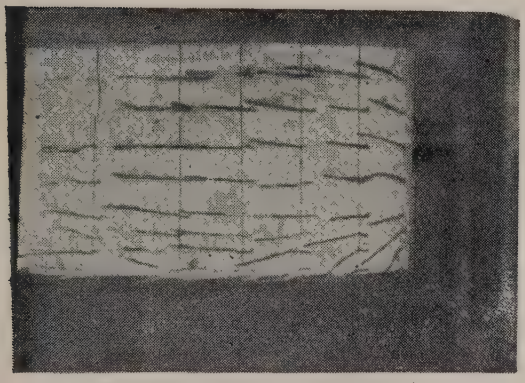
第7図　改良型模型



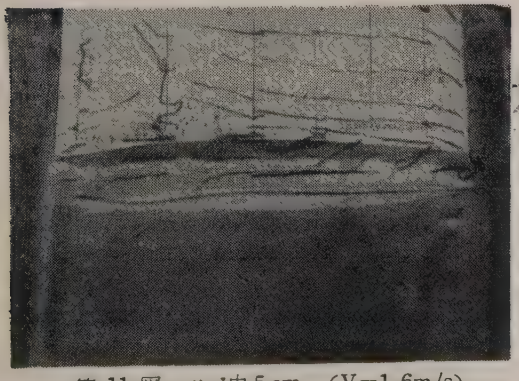


第8図　試験装置

第 9 図　試験装置
A．仮想船底　B．整流覆模型　C．写真撮影用硝子箱
D．同照明灯



第 10 図　ツバナシ（V=1.6m/s）



第 11 図　ツバ巾 5 cm　（V=1.6m/s）

(2)　実験結果

a.　在来型の場合

第10図は速度約1.6m/sの場合の写真であるが、これから分る様に覆の下端から約7cmの範囲の水流は、下面へ廻り込んでいる。尚実験は速度0.4m/sから2m/sまで亘つて行つたが、この速度範囲内では流れの状態は殆んど皆同じである。

b.　ツバ付の場合

第11図及び第12図はツバの巾が夫々5cm及び10cmの場合で、速度約1.5m/sの時を示している。何れの場合でも、前述のツバのない場合に比べて、第3図の様に整流せられている事が分る。即ち逆に云えば突出量は同じ20cmでも、ツバなしの場合は船底に並行な流れは13cm突出量の65%に過ぎないから、これだけの厚さの気泡層ならば有効であるが、ツバを付ければ突出量と同じ位の気泡層に対し有効と考えられる。

ツバの巾が5cmの時と10cmの時とでは流れの状態は略同じであるから、5cmで一応差支へないのではないかと考えられる。

尚第11図の左方即ち覆の巾の最広部より後方に流れの剝離が認められるが、これは整流覆下面の水流にはさ程影響を与へないものと考えられる。また第12図に於いて、ツバの周辺から毛糸が離れている状態が觀察されるが、これはツバの強度が十分でなかつた為、下方に変形し、この為前縁から剝離を生じているもので、ツバが船底気泡層外にあれば、覆の下面に気泡を導入する直接の原因とはなり得ないと考えられが、この剝離の為にそこに気泡が生ずると云う事も考えられるから、実際にツバを取り付ける場合には、十分な強度を持たせる考慮が必要であろう。

3.　小型試験艇による海上実験

前節の水層試験によつて、在来型の整流覆の下端前面にツバを付けると流れの状態が改善される事が分つたが、実際に気泡層の存在する実船に於いてこの効果を確認し、併せて水流と気泡層との

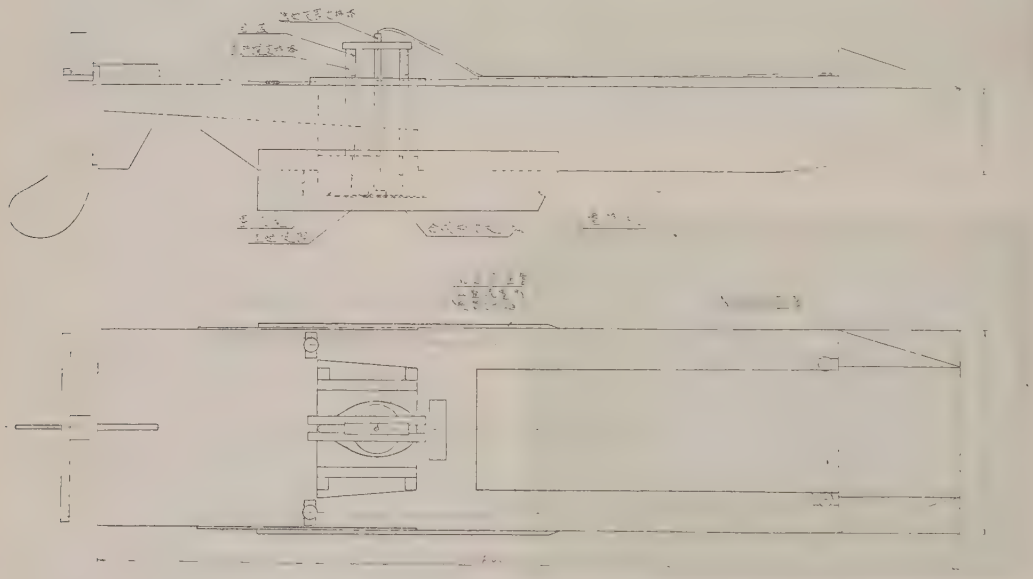
第 12 図　ツバ巾10cm (V=1.5m/s)

関係を直接探知機によつて検出する目的で、先づ実船実験の第一段階として第 13 図の様な試験艇に、前節の実験に使用した整流覆を装備し、この覆の中に小型魚群探知機[1]の送受波器を取り付け、超音波の走航減衰量より見た両整流覆の比較を行つた。

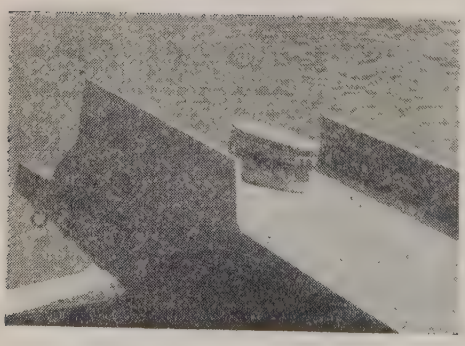
(1)　実験装置及び方法

a.　試験艇及び整流覆の装備

この試験艇は全長4m、巾1m、深さ0.4mの箱型船で、実験時の船首及び船尾吃水は夫々0.13m



第 13 図　実験艇



第 14 図　船底装備状況

第 15 図　実船実験における改良型整流覆外観

1) 研究Ⅱ　船底気泥層に関する研究参照

0.27 mであつた。整流覆は船首端より 2.9 mの位置に付けられ、且つ船底面より下方に船底下20 cm まで自由に突出し得る様にした。

尚整流覆に当る水流は船底面に並行に且つ一様な流れである事が望ましい。幸いに本艇の船首は平坦で且つ船尾トリムの点は都合がよかつたが、更にこの点を確実にする為、又動揺防止をも兼ねて左右両舷に整流板を附した。一方整流覆の下面には3 mmの音響的に透明な合成樹脂板を張り、この板を通して、内蔵せる送受波器より超音波を発受出来る様にした（第14図、第15図）。

b. 試験艇の曳航

この試験艇は推進器を持たないので、研究室実験船「ちどり」で曳航し、曳航船による航跡水泡音響を避ける為、曳航船の右方約40mの位置でアテ航をとり、航跡中心より左或ひは右に約5 m外れた線上を航行する様にした。

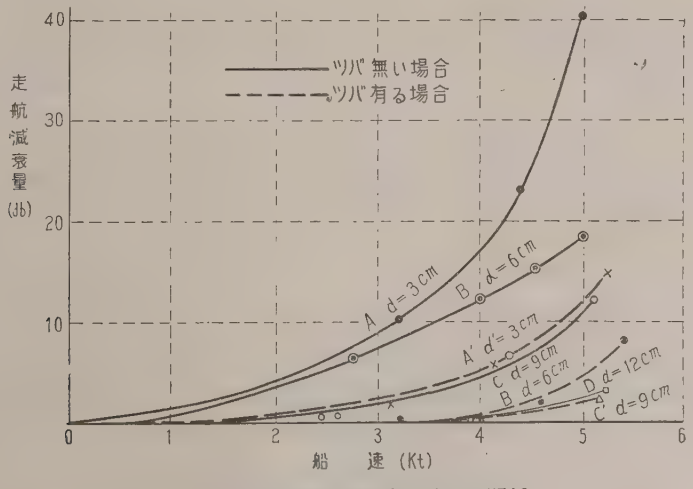
c. 測定方式及び測定機

前述の様に航行時の船底下の或る深さまでの水流はかなり気泡を含んでいると考えられるから、気泡を含む水流による超音波の減衰を測定すれば、整流覆に対する水流の関係を推定し得るものと考えられる。従つてツバを付けた整流覆と、付けない覆とに就いて、夫々その突出量を変化させ、一定の船速の夫々の場合に於ける走航減衰量を測定した。走航減衰量の測定は、今回の実験では、海底が平坦即ち深度が一定で、海底地質が同一である海面（水深10m，底質泥）を選び、停船時の海底反響余裕値と船速を変へた場合のそれとの差を以て走航減衰量（db）とした。

測定機には漁研2型小型魚群探知機[2]を使用したが、本機の周波数は50kc、発振波型 D. W.（減衰波）である。

(2) 実験結果

ツバのない場合とツバ（ツバの巾5cm）を付けた場合とに就いて、覆の突出量 d を夫々 0～20cm の間で変化させ、船速も種々変へて実験したが各々の場合に於ける走航減衰量を比較すると第16図の様である。この図に於いて同一の船速に於ける同一の走航減衰量を示す所の、両者の突出量を比較してみると、例へば在来型の 9 cmに就いてみると、ツバ付きの場合には 3 cmである。

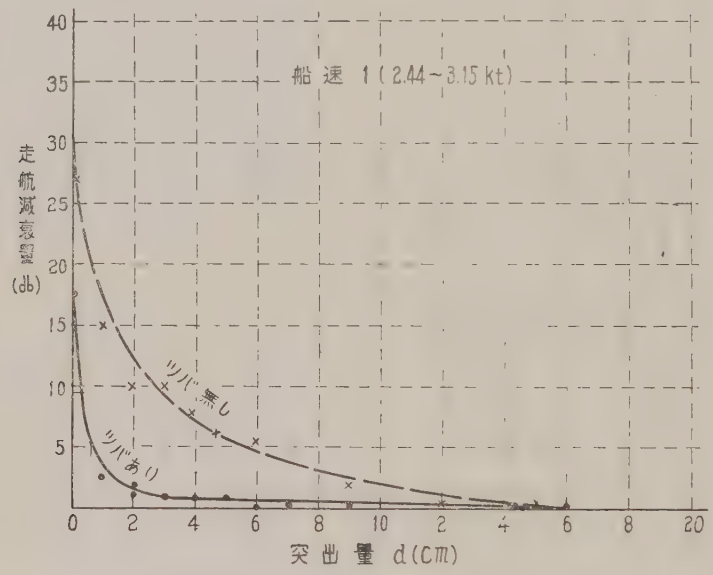


第 16 図　船速と走航減衰量との関係

第17図はツバの有無による突出量と走航減衰量との関係を船速1（2.44～3.15kt）に就いて示したもので、この速度に於いてはツバを付ければ突出量2cmで実用的には走航減衰量は問題にならな

2) 漁船研究技報　第 4 号

くなるが、これに反し、在来型では約10cmを必要とし、その差は8cm位であるが船速が5kt位になるとこの差は約6cm位となり、大体水槽試験の傾向と一致する様である。尚実験時、艇は多少縦横動揺をしたが、実験結果にはこの影響は余り認められなかつた。



第17図 突出量と走航減衰量との関係

むすび

以上述べた様に水槽試験及び海上実験の結果から、在来の整流覆の型では、その突出量は船底気泡層の厚さに比較してかなり大なる必要があるが、これにツバを付けると相当量即ち本実験では約3分の2位にその突出量を減ずる事が出来る様である。従つて整流覆の突出量を出来るだけ少くし、而も気泡層の影響を避ける為にはツバを附するか或ひはこれと類似形状のもの選定する必要があると考えられるが、実船装備の場合に就いては更に今後の研究が必要と思われる。

(1953年11月1日)

魚群探知機の装備に關する研究

(Ⅱ) 船底気泡層に関する研究

(Ⅱ) The Bubble Layer under the Ship Bottom

要　　概

送受波器を船底装備した音響測深機、魚群探知機に於ける走航減衰の原因は、船の走航時に船底下に分布すると考えられる気泡により、超音波が減衰をうけるからであると思われる。従つて船底下の気泡の分布状態を調査する必要がある。

本研究にては、船底気泡層解明のため、気泡層の概念を含む船底音響減衰層を考え、1)この音響減衰層の測定方法の検討及び(2)小型試験艇に於ける音響減衰層の厚さの測定とを行つた。

研究（1）で述べたツバ付の整流覆を試験艇の船底より上下し、各位置に於ける走航減衰量を測定して音響減衰層の厚さを求め、更に船底下の動圧分布及びプラントルの式より計算せる乱境界層の厚さ等との関係についての考察を加えた。その結果、音響減衰層の厚さは船速 2.5 kt 前後に於ては、乱流境界層の厚さと近い値を示すが、船速が 5 kt 程度では 100 mm の値を示し、乱流境界尺の厚さ40～50mmに対し可成の相違が見られる。この原因としては、船速の増加に従つて船首で生ずる気泡も増加し、その気泡が可成船底下に廻り込んでいるものと考えられる。

船底気層尺の測定にあたつて、それに使用する超音波送受波器に適当な整流覆を附して走航減衰量を求れば、気泡層或は音響減衰層の厚さを比較的容易に測定出来るものと思う。

ABSTRACT

We have often experienced that the record of an echo-sounder or fish finde, when its transducer is mounted on the bottom plate of a ship, fades gradually as the ship's speed increases. It is considered that this phenomenon, generally called "Ship Running Attenuation", is caused by the ultrasonic attenuation in the bubble layer under the ship bottom when the ship increases her speed. To study thoroughly this phenomenon, it is necessary to analyse, first, the distribution of the bubble layer.

In this paper, two experiments were made with a small experiment boat under the assumption that there is "Acoustic Attenuation Layer under Ship Bottom" whichincludes the bubble layer, 1) to find a method to check the thickness of the Attenuation Layer, and 2) to measure the thickness by the above method.

A transducer with a stream-lined cover having a special brim at the lower front was moved downwards from the ship bottom, and the thickness of the Attenuation Layer was obtained by measuring the value of ultrasonic attenuation at different depths of the transducer.

The thickness of the Attenuation Layer, equivalent to the depth of the transducer lowered from the ship bottom to a location where no attenuation influences

the ultrasonic waves, has been 30 mm at a boat speed of 2.4 to 3.2 knots and 100 mm at 5.0 to 5.5 knots. On the other hand, the thickness of the turbulent boundary layer under this boat was calculated as 40 to 50 mm at these speeds by the Prandtl's equation.

From the two facts mentioned above, it may be said that both the thickness of the Attenuation Layer and the boundary layer are almost equal at a lower speed, but at a higher speed, the thickness of the Attenuation Layer increases with the speed of the boat while the thickness of the boundary layer decreases a little, as known by the Prandtl's equation. The cause for the increase of the bubble layer thickness may be that the amount of the bubbles which are produced at the ship's bow and flow along the bottom plate, is bigger at a higher speed.

In this experiment, the relation between the Acoustic Attenuation Layer and the distribution of the water pressure under the bottom was not obtained.

The thickness of the Acoustic Attenuation Layer my can be obtained usually from the value of Ship Running Attenuation provided that the stream-lined cover is designed properly.

【項　　目】

まえがき
1. 船底気泡層とその測定方法
(1) 船底気泡層と超音波の減衰
(2) 測定方法
2. 実験及び結果
3. 実験結果に対する考察
4. 本測定法の精度
むすび

まえがき

超音送受波器を船底装備した音響測深機或いは魚群探知機に於いて、船の走航によつて生ずる超音波の減衰（走航減衰）及び雑音の発生（走航雑音）は大部分船の走航時に船底に分布してある気泡にその原因があるものと推察されている。送受波器の船底装備を行うに当つては、この気泡層の分布状態を知る必要があり、これを知る事が出来れば、研究（Ⅰ）で述べた様な整流覆の船底下突出量も容易に決定する事が出来るものと思われる。しかしながら、現在この船底気泡層の分布状態に就いては未だ十分な研究はなされていない様であり、恐らく個々の船のその時の状態によつて極めて複雑な様相を呈するのではないかと想像されるが、これは極めて困難な且つ重要な研究課題であり、本研究に於いては、先づこの船底気泡の分布状態研究の第一段階として、その測定方法に就いて検討を加えると共に、研究（Ⅰ）で使用した小型試験艇に於ける船底気泡層の分布に就いて若干の考察をする。

1. 船底氣泡層とその測定方法

(1) 船底気泡層と超音波の減衰

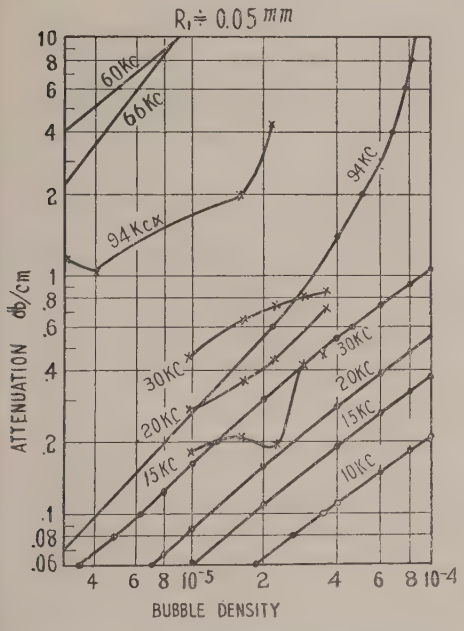
先づ船底気泡層が如何にして発生するかに就いて少しく考えると、次の様なものが考えられる。

a. 船首に当つた水のしづく等により生じたり気泡が船体周囲の水流と共に船底に廻り込む場合

b. 外板の接手、鋲その他の不連続な所で流れの剝離を生じ、その部分の圧力降下の為に生じた気泡が船底に廻り込む場合

aの場合の気泡は荒天時や向風の時には特に甚しく発生するものと考えれ、bの原因によるものは船の速度がかなり早くなつてから発生するものと思われる。

超音波の気泡による減衰に就いては東京工業大学の実吉教授の研究[1]があり、又模型船を用ひての実験では運輸技術研究所のものがあるが[2]、実吉教授の研究によると、第1図の様に超音波の減衰は水中に含まれている気泡の密度に比例している。この場合の気泡の半径は0.05 mmであるが、実船では恐らく大小種々の気泡が存在し、気泡の性質として、船底に近い所程多く、それから離れるに従つて少く分布しているものと想像される。尚船底外板附近では所謂乱境界層が存在し、この層の中では圧力は低くなつているので、気泡とこの層との関連性も考えられる。超音波の走航減衰が以上の如き気泡にその原因があるものとして、これらの関係が求められゝば、魚群探知機送受波器装備上に於ける諸問題を解明する上に甚だ有益なものと思われる。



第1図　水中気泡密度と超音波減衰量との関係（実吉）

(2) 測定方法

上述の様な船底気泡層の測定には、音響学的或ひは光学的等の方法が考えられるが、海上で行う実験では、超音波の走航減衰量より求めるのが比較的簡単であると考えられる。

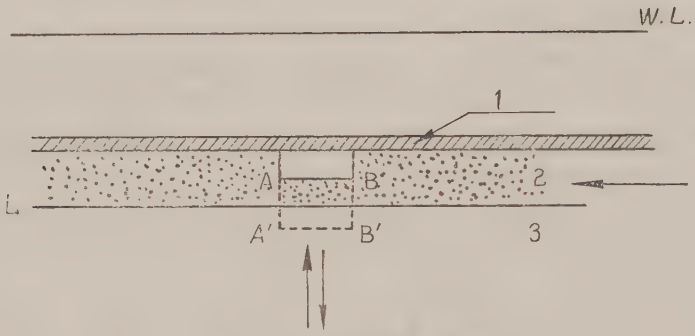
今、船底気泡層の状況が、第2図の様であるとするこの図に於いては、1船底外板、2は船底音響減衰層、3は気泡等を含まない水流とする。船底音響減衰層とは超音波の伝播に影響を与える層の事を意味している。（本文では気泡を含む水流と考える事とする）。又AB及びA′B′を超音波送受波面とすれば、AB面が船底音響減衰層の中にある場合には、超音波の通過する場所の気泡の量に応じて音波の減衰を生じ、ABがこの減衰層外にある場合即ちA′B′の位置に来た場合には、超音波は減衰を受けない。従つて航走時に音響送受波面をこの内外を上下して、船底下の一定超音波反射面（例へば平坦で地質の同一な海面）よりの反射音圧を求めれば、或る速度に於ける気泡層の厚さを検知する事が出来る。次に船速を変化して同様な測定を行へば船速と気泡層の厚さとの関係を求める事が出来る。

送受波器を船底下に突出させる場合には、整流覆を付けるが、流れの下面への廻り込みを最小限にする必要があり、その為には研究（I）で述べた様なツバ付整流覆が適当であるので、本実験で

1) J. Saneyoshi : Measurements of Absorption and Reflection of Ultrasonic Wave in Water Containing Bubbles.—Bul. of the Tokyo, Inst. of Tech. No. 3 Series B (1951)

2) 音響測深儀の船底気泡層による減衰に関する模型実験　運輸技術研究所報告　第3巻　第11—12号

はその装置をそのまゝ使用する事にした。



第 2 図　船底音響減衰層

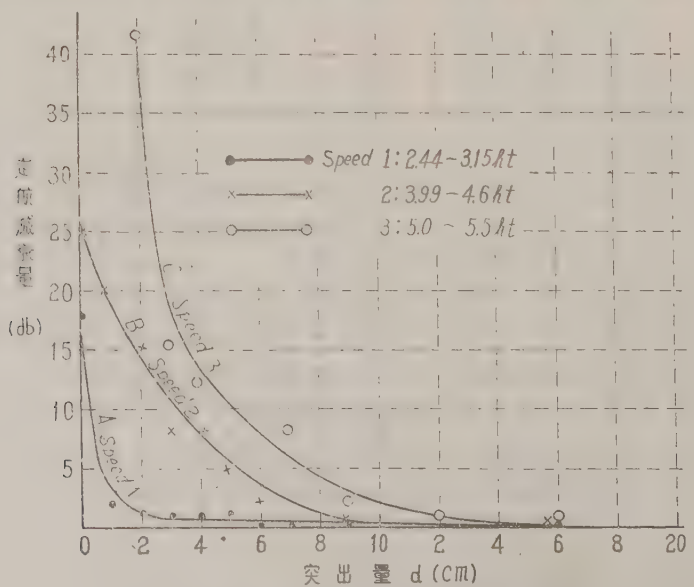
2. 実験及び結果

試験には研究（Ⅰ）で述べた第13図の試験艇と第5図（研究Ⅰ）の整流覆（但しツバ巾5cm）を附した超音波送受波器が使用され、研究（Ⅰ）の時と同様の方法により本試験艇を実航し、整流覆底面即ち音波発受面を船底下16cmまで上下させ、一定海底に於ける海底反響余裕値を、船の停止時及び走航時に測定し、両者の差を以て、気泡層による超音波の走航減衰量とした。（測定機等も研究（Ⅰ）と同じものを使用した。）実験には船速を5.5 ktまで種々変化させた。

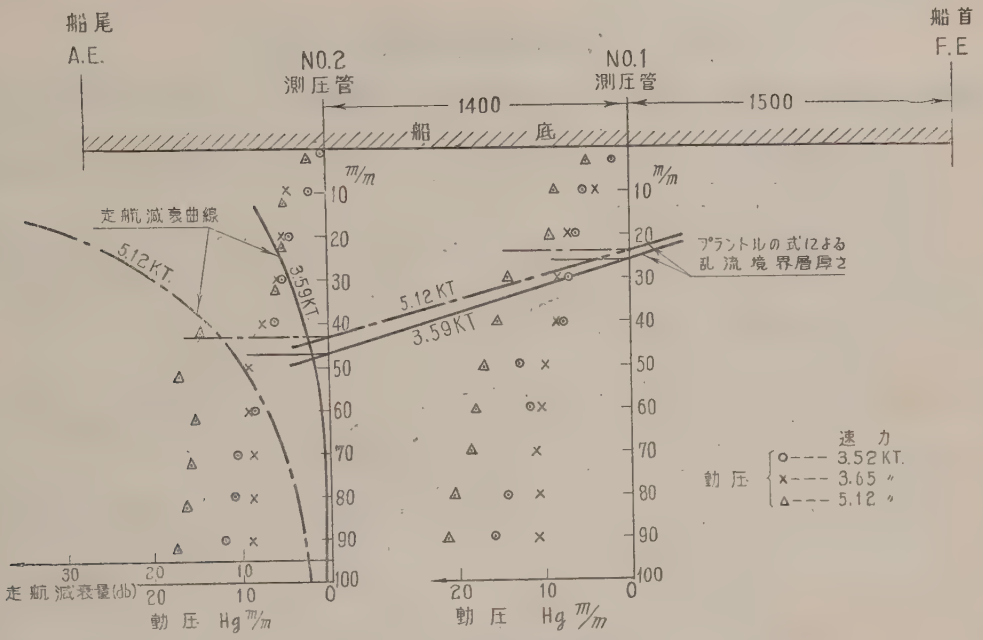
尚走航減衰量と船底の動圧との関係を見る為、第13図（研究Ⅰ）の如く測圧管（内径1.7mm）を二ケ所に設け船底より10 cm 離れた所までの動圧分布を測定した。

第3図は各船速に就いて、振動子面の突出量と走航減衰量との関係を示すもので、横軸にはcmで表した突出量、縦軸には（db）で表した走航減衰量をとり、曲線 A.B.C. はそれぞれ船速1（2.44～3.15節）、2（3.99～4.6節）、3（5.0～5.5節）に於けるものである。

船速1の場合、即ちA曲線では、突出量2cm以下では減衰量が急激増加して居り、この事より、音響減衰層の厚さが約2cmであると推定される。しかしながら速度が大きい曲線 B.C. では突出量



第 3 図　振動子面突出量と走航減衰量との関係



第4図　船底下の動圧分布

が8cm以上でないと減衰量は小さくならない。

第4図は船底下10cmまでの動圧分布を置点したもので、尚この時の速度に対応する走航減衰曲線をも第3図より求めて入れて置いた。図中の乱流境界層の厚さは、プラントルの次の式により算出したものである。即ち、基点よりX(m)なる距離に於ける乱流境界層の厚さS(m)は次式により与へられる。

$$S=0.37\left(\frac{\nu}{u}\right)^{\frac{1}{5}} X^{\frac{4}{5}}$$

茲で　v＝流体の動粘性係数$=1.0\times10^{-6}$ m²/s

u＝流体の速度　m/s

3.　実驗結果に対する考察

第3図に就いて考えると、先づ、前節で少し述べた様に、船速が2.41～3.15 ktの様な低速では、減衰層の厚さは20mm位と見られるが、それより速度が高くなると急激に厚さを増し、5.0～5.5 ktでは100 mm位になる様である。一方乱流境界層の方は上式からも分る様に、速度が増加すると次第に減少し、5.12 ktでは41mm位で、気泡がかなり含まれていると考えられる厚さに比し、その約50%位の値となつている。これらの事から気泡は乱流境界層外にも相当分布して居り、これは恐らく船速と共に増加する船首の水のハネ返り等によつて生じた泡が船底に巻り込むものと考えられる。

次に走航減衰曲線と動圧分布とを見ると、この方は走航減衰量が減少するに従い、動圧は増加して居り、その関係は一応反比例的になつて居るが、これだけの置点からその関係を推定するのは少し早い様である。尚第2測圧管の方で、凡そ30～45粍の附近で置点にズレが見られ、特に5.12ktに時はそれが著しいが、これが乱流境界層に基くもの　或いは何らかの他の原因によるものかは未だ不明である。何れにしても、置点の数が少いので、今後、更に精密な実験を行つてから判断すべきも

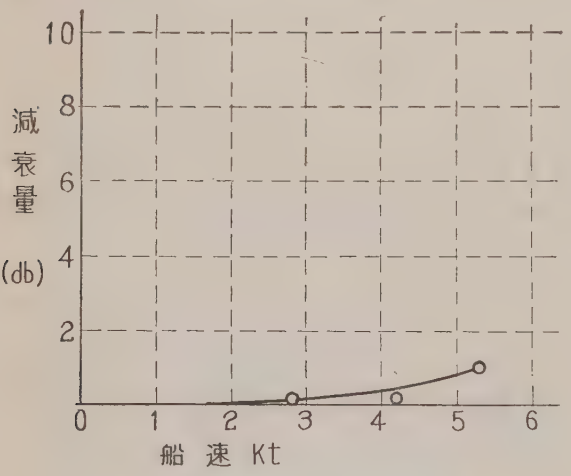
1) プラントル・テイーチエンス：航空流体力学(下巻)P. 77

のと思われる。

4. 本測定法の精度

音響減衰層の測定を超音波の送受波器船底下に突出して行う場合に、送受波器の整流覆自体によつて発生される音響減衰層が問題になつてくる。これに関しては、本研究では最大突出量の位置（16mm）に整流覆を降して、各船速に対する走航減衰量を測定した結果、第5図に示す様に実験時の速度の範囲では無視し得る値である。

更に測定する整流覆の形状は研究（I）で述べたツバ付きの覆であるから、従来の整流覆に見られる様に、送受波面への水流の廻り込みがないので、整流覆の船底下への突出量を以て、船底音響減衰層の厚さ或いは船底気泡層の厚さとみなした。



第5図　整流覆自体に生する走航減衰量

むすび

本研究に於ける実験結果を要約すれば、次の結論を得る事が出来る。

a. 船底下に超音波送受波器整流覆を突出して、船底下の気泡層の研究を行う場合、従来用ひられている様な整流覆は試験結果が不正確になるので、この整流覆の形状に就いては十分な考慮を払う必要があり、本実験に使用せる様なツバ付き整流覆を用いれば、実用的には船底音響減衰層即ち船底気泡層の測定の可能性が考えられる。

b. 船底音響減衰層の厚さは船速が2.44～3.15ktの時は20mm位と思われるが、それより速度が増し5.0～5.5 ktでは100 mm位となる。

一方乱流境界戸の厚さは計算によると50～40mm程度であるから乱流によると気泡層よりも、船速と共に増加する船首の水のはね返り等により生じた気泡が可成多く、これらが相当に船底に廻り込むものと思われる。

c. 走航減衰量と動圧分布との関連性は本実験結果からでは未だ推定するには時期尚早であると考えられる。

以上述べた様に本研究は小型試験艇に就ての実験であり、今後の解決まつべき多くの問題が残されてはいるが、この種の研究は未だ余り行われていな様であり、示さする所が多いと信ずる。

（1953年11月　　西村、川野）

研究担当者　橋本富壽、西村　実（航器）
大津義徳　横山信立　川野浩一（船体）

魚群探知機の記錄像より見た海底地形の忠實性について

Reliablity of Record of Shape for Sloped Sea Bottom Obtained by Ultrasonic Echo-sounder

概　　要

音響測深機又は魚群探知機によつて、漁場測量或は魚礁の生態調査等を行うときは測深機等の記錄像より求めた海底地形と、実際の海底地形との相関関係求めて置く必要がある。

本研究に於てはこれらの関係を求めるために特に発電所の人工湖をえらび、福島県只見川系の柳津発電所調整池(人工湖)に於て、入水前の三角測量による湖底の横断地形と、入水後の音響測量によつて作成した横断地形との比較を行つた。実験に使用した測量機は次の通りである。

	A	B	C	D
機械種類	魚群探知機	魚群探知機	魚群探知機	精密音響測深機
周波数(kc)	24	50	56	88
半減指向角(度)	23	22	16	5

音響測量による地形の忠実性を求める方於として測量誤差を考え、音響測量による読取水深に対して必要な傾斜修正を施し、三角測量による実水深との間の測量誤差を以て音響測量による海底地形の忠実性を考えれば、湖底傾斜角20°以内で而も起伏の少い平坦の場合には、測量誤差は精密音響測深機では1～2%、他の魚群探知機では2～4%、海底傾斜角が20°以上の場合、40°を例にとれば、精密測深機では測量誤差は約3%、他の機械では10%前後であつた。然しながら上記の誤差中には、測量位置決定等の誤差も含まれていると考えられるので、実用的には海底傾斜角20°以内であれば、音響測量より求めた海底地形図は実形を示しているものと考えてよいだろう。

海底起伏が激しい場所及び海底傾斜が極端に急な場合における測量の精度については今後の研究にまつものが多い。

ABSTRACT

To sound the shape of the fishing field bottom or to research the boundary conditions of the fishing shoal by the ultrasonic echo-sounder or fish-finder, it is necessary to calculate the error between the sounded shape of the sea bottom obtained from the record of the echo-sounder after some slope corrections, and the true shape.

To calculate this error, an experiment was made at an "Under-water Valley" of the artificial lake for the Yanaizu Power-plant, Tadami river, Fukushima Prefecture, and we compared the shape of the cross section of this valley surveyed by the triangulation before the lake was filled with water, with to that obtained by the echo-sounding method after the water was filled.

The ultrasonic apparatuses which were used in this experiment are as follows :

	A	B	C	D
Kind of Apparatus	Fish-finder	Fish-finder	Fish-finder	Precise Echo-sounder
Frequency	24 kc	50 kc	56 kc	88 kc
Half power Beam angle	23°	22°	16°	5°

After performing the proper slope correction to the echo-sounded data, the error between the shape surveyed by the triangulation, and echo-sounded shape was calculated about 1 to 2% in precise echo-sounder, and 2 to 4% in other apparatuses, in case when the slope of valley was less than 20° and comparatively uniform. In case when the slope was more than 20°, for example at 40° in slope, the error reached about 3% in a precision one and 10% in other apparatuses.

【項　　目】

まえがき
1. 実験概要
(1) 陸地測量
(2) 音響測量
2. 音響測量による横断図の作成
3. 測量方向に基づく測量誤差
4. 音響測量に対する傾斜修正及び測量誤差
5. 階段地形を有する湖底の測深記録
むすび

まえがき

音響測深機或は魚群探知機によつて、漁場測量或は魚礁、養殖等の生態調査を行うに當しては、測深機等の記録像より求めた海底地形と、実際の海底地形との相関々係を求めて置く必要がある。海底は傾斜がない場合、又は傾斜をなしていても平坦であれば必要な修正を施せば、実水深と音測水深との誤差はなく実地形を求めることが出来る。然しながら実際の海底には起伏があるため測深誤差を生じ、従つて誤差なく実地形を音測によつて求めることはむずかしい。この他に送受波器の指向性に基づく誤差をする。これらの点を實明するため、東北電力株式会社の只見川柳津発電所調整池に於て、入水前の三角測量による調整池横断地形と、入水後行つた音響測量より求めた横断地形とを比較し、両者の相関々係を求めたので、その概略を報告する次第である。

1. 実験概要

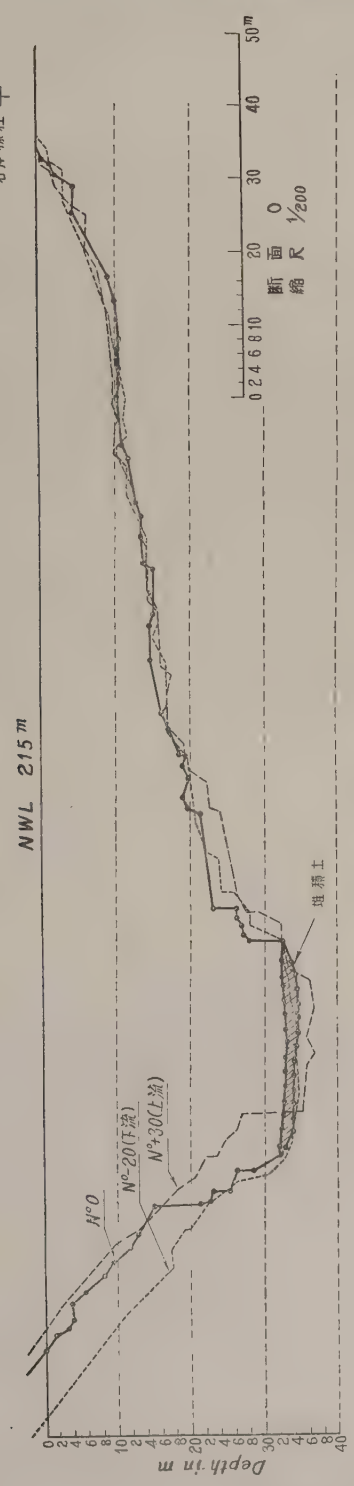
(1) 陸地測量

東北電力株式会社が、発電所堰堤建設[1]のために行つた三角測量を以て、本実験の陸地測量に代えた。発電所調整池は只見川の河流方向へ10m間隔、2mの精度で横断測量が行われてあり、1/200 横断

1) 本研究は本研究室が音響利用水産研究委員会に協力して行つたもので、実験は東北電力株式会社土木部、同社柳津発電所建設事務所、海上電気工業株式会社、沖電気工業株式会社の協力を得て、1953年10月12日より15日まで、福島県河沼郡柳津町東北電力柳津発電所調整池に於て行われた。

2) 橋本、西村一魚群探知機による音響測量に関する研究、漁研技報 第4号 P134 1953年 水産庁

1) 現在の堰堤は、この三角測量を行つた後、建設位置が変更されたので、実験測量位置の地形には何等人為的には改造されていない。



第 1 図　旧堰堤軸線（0 断面）の三角測量による1/200断面図

測量図が作成されている。

第1図は旧堰堤軸線（0断面とする）及びその上流30m及び下流20mにおける横断図で、図中左方が左岸（上流よりみて）で、急傾斜をなして居り、右方が右岸でその傾斜は比較的緩かである。段をなしている深部は旧流域で、斜線部は音測及びレツド測深より確認した所によれば、満水時の泥土の堆積とみなされる。測量原点は左右両岸とも＋印で示されている。

第2図は調整池の1/500平面図で、図中 N°0–0 線は第1図の横断測量を行つて測量線で、実験はこの N°0-0 線（N°0と呼ぶ）及び上流 30m（N°+30）及び下流 20m（N°–20）の各横断線でわれた。平面図より判明する如く、左岸では岸線の出入が多いが、右岸では比較的一様である。

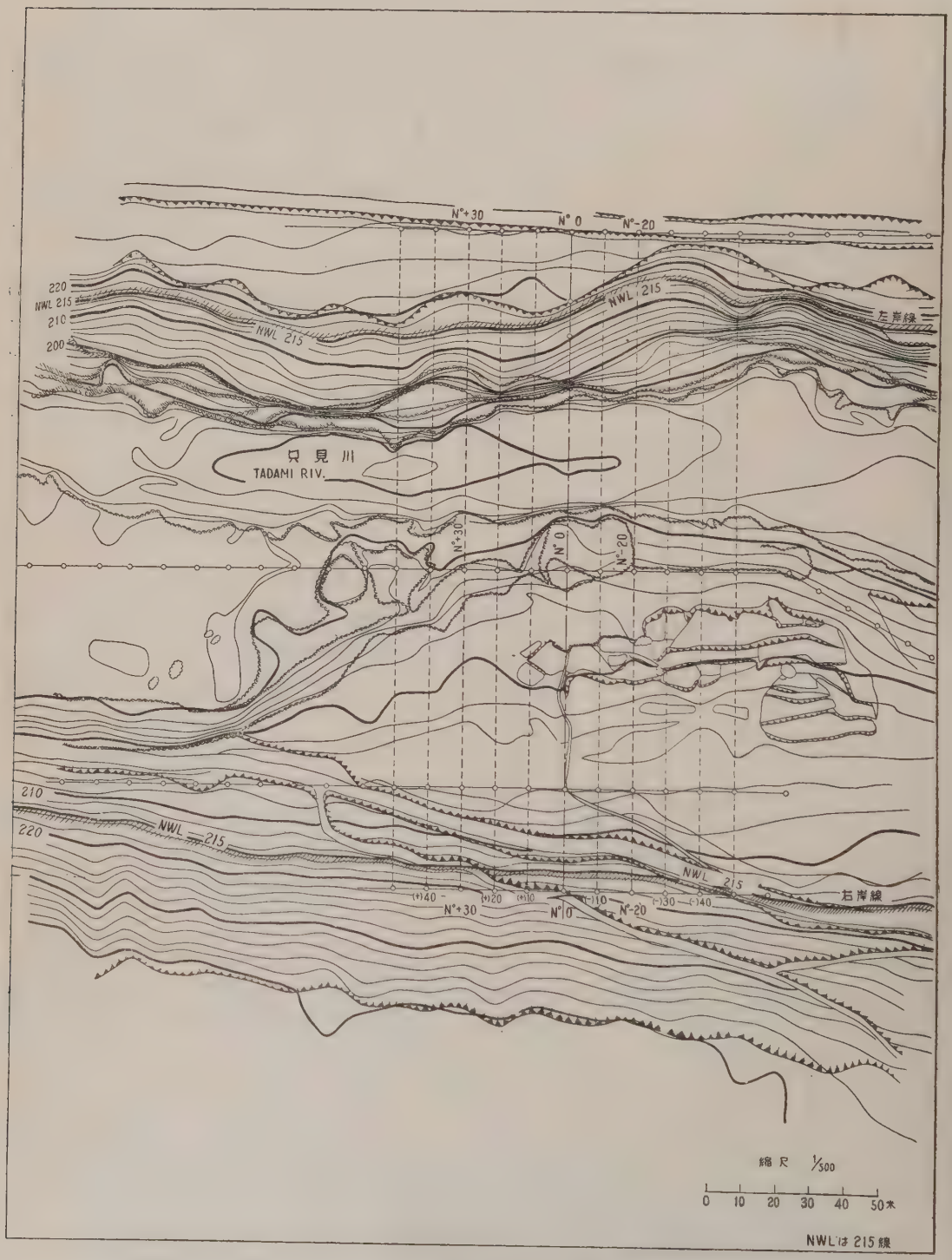
第3図は入水前に旧堰堤軸線附近を下流より撮影した写真で、第4図は入水後の状況を撮影したものである。

(2)　音響測量

音響測量は精密音響測深機1台と市販の魚群探知機3台とを用いて前述の N°0, N°+30, 及び N°–20 の横断線上で行われた。先づ音響測量位置決定のため、測量基点より三角測量により水際に補助基点を設け、両岸の補助基点間に間繩（ビニール被覆ピアノ線）を緊張し、この間繩に 2m間隔で目盛が施してあるので、この目盛によつて測量位置を決定する事が出来る。

測量は岸線より測量機を装備した実験艇（長さ約10m）を間繩に沿つてほゞ一定の速度で移動し、2m 間隔に測深記録に位置マークを施した。（第5図参照）

実験に使用した音響測深機及び魚群探知機の諸特性は第1表に示す。

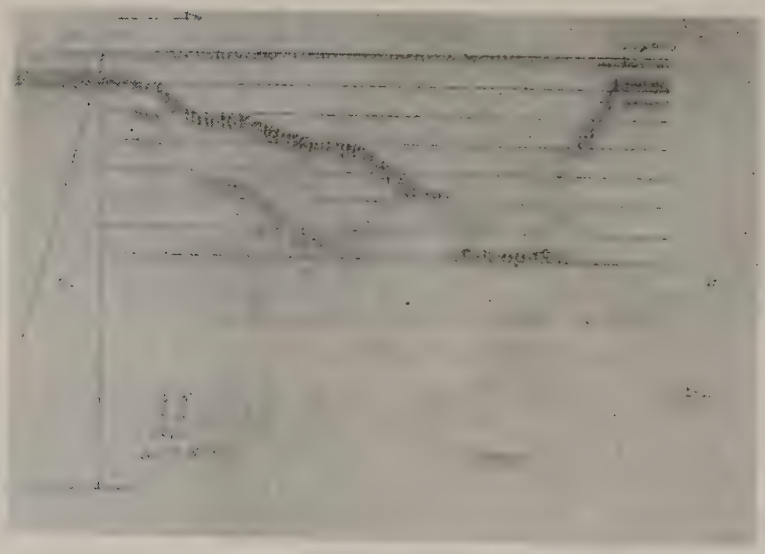


第 3 図　柳津発電所調整池 1/500 平面図

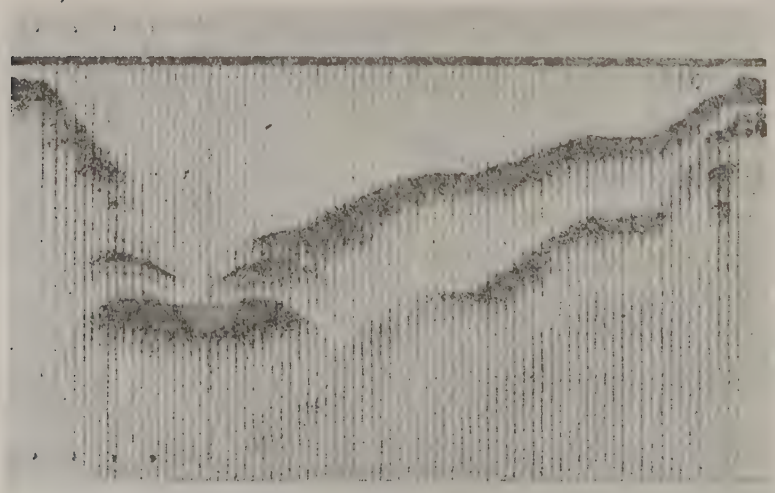
第 3 図　[illegible]

第 4 図　調整池入水後の測量地点附近の状況

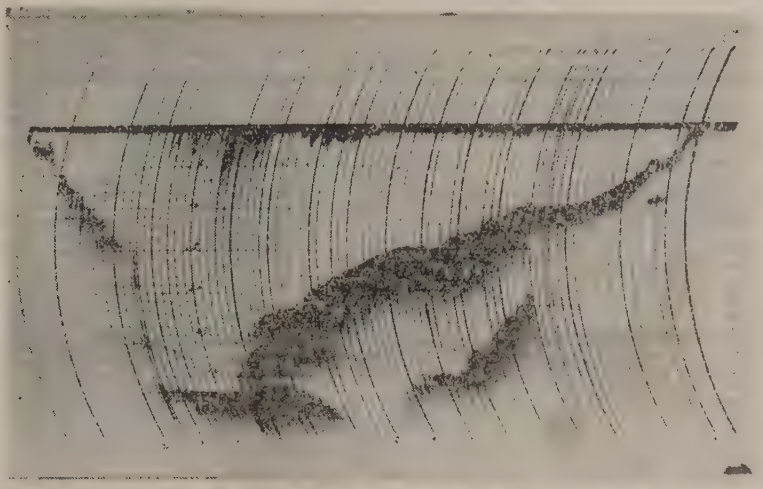
第 5 図 測量状況



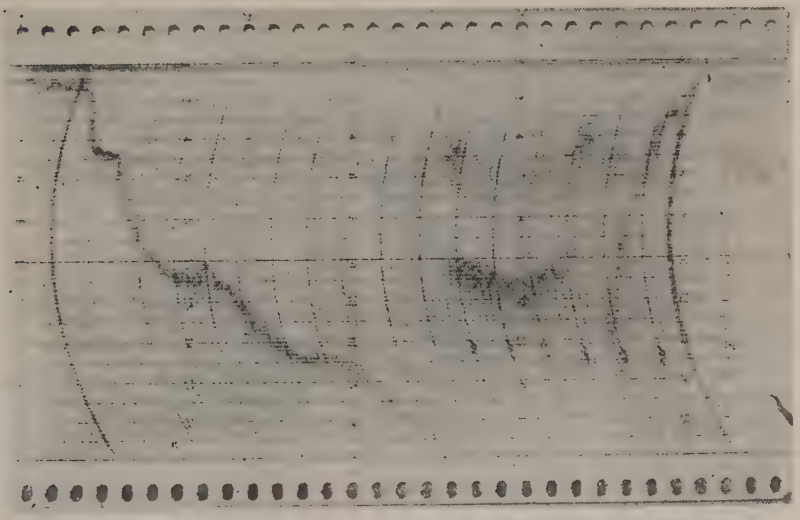
第 6 図 A機 (24kc) による0断面音測記録 (右岸→左岸)



第 8 図 B機 (50kc) による0断面音測記録 (左岸→右岸)



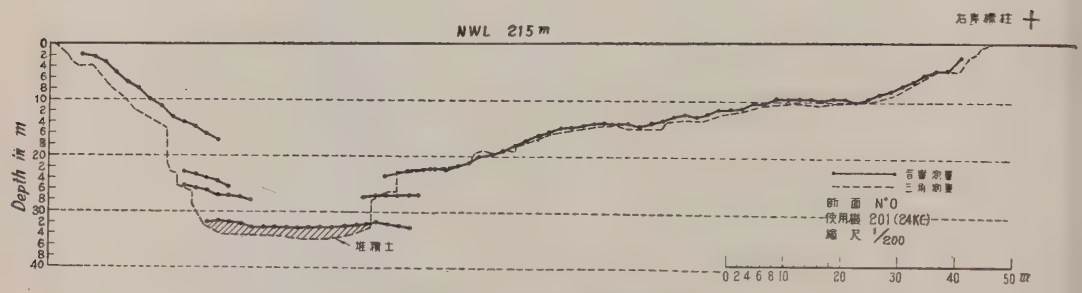
第 8 図　C機（56kc）による0断面音測記録（左岸→右岸）



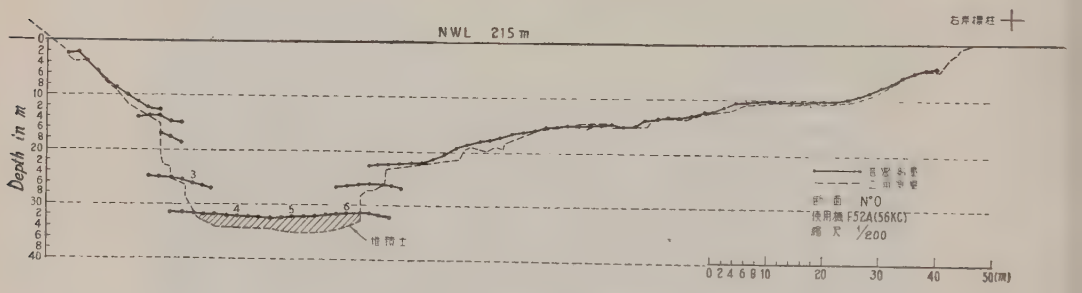
第 9 図　D機（88kc）による0断面音測記録（右岸→左岸）

第　1　表

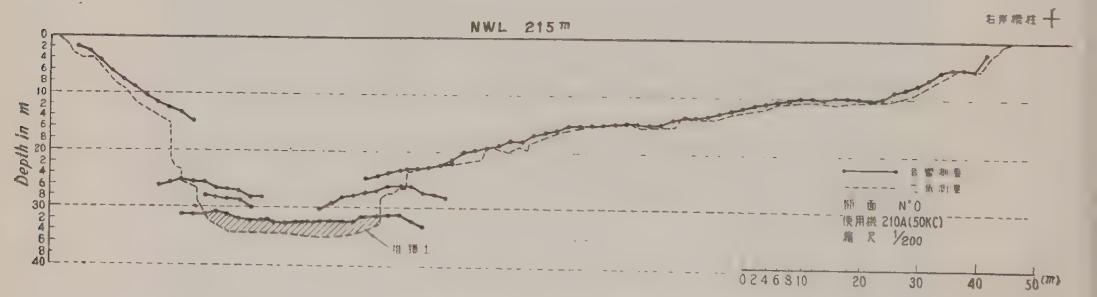
	A	B	C	D
型　　式	201	210A	F52A	F52S
周 波 数（kc）	24	50	56	88
記 録 方 式	湿式スプリング直線	乾式ベルト直線	湿式円弧	乾式円弧
紙送速度（mm/min）	20	40	15	50/150
指 向 角（半減）	23°	22°	16°/10°	5°/10°
測 深 々 度（m）	0～80	0～50	0～50	0～20 20～40
備　　考	魚群探知機	魚群探知機	魚群探知機	精密測深機



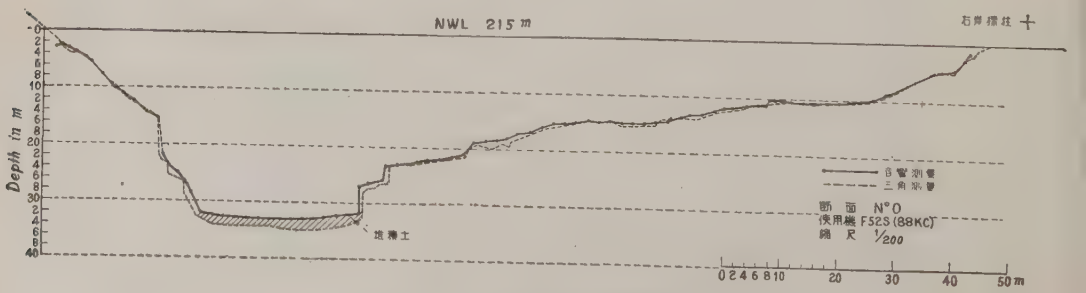
第 10 図　A機による測深地形



第 11 図　B機による測深地形



第 12 図　C機による測深地形



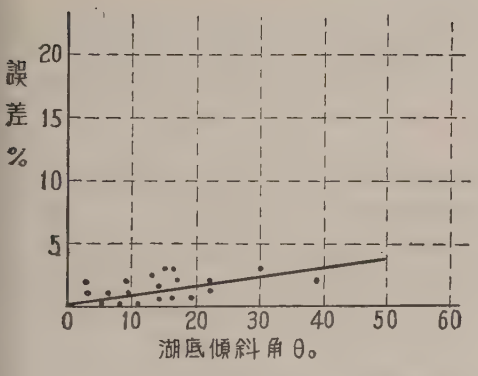
第 13 図　D機による測深地形

2. 音響測量による横断図の作成

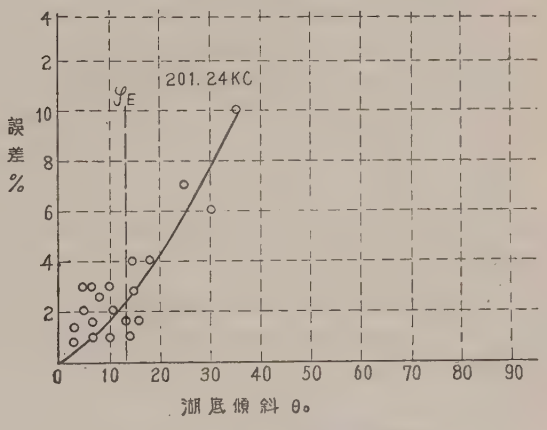
音響測量による測量位置を横軸にとり、各々の位置に於ける水深を縦軸にとつて測量図を画けば第10図に示す横断図を作成する事が出来る。第10図、11図、12図、13図、はN°0断面に於ける、第1表のA, B, C, D, の各測量機を用いた場合の横断測量図で、縮尺は1/200であり、又図中下方の点線で示したものは三角測量による横断測量図である。本図を作成するに当つては調整池の水位修正（水位は時間による変動がある。）のみ行われ、傾斜修正は行われていない。

3. 測量方向に基づく測量誤差

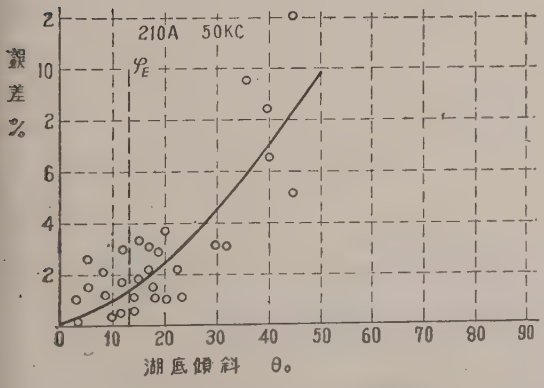
或る測量線を測量する場合に測量艇の船速が遅ければ、その測量方向の如何に拘らず、同一の記録が得られる筈である。本実験に於てはこの点を確めるため、測量するに当つては、何れの場合にも同一測深線上を往復して往路に得られた記録と、復路における記録との比較を行い、傾斜角に対する誤差を求めると第14図に示した如き結果が得れた。横軸に湖底傾斜角 θ。をとり、縦軸に%で表した誤差がとつてあり、その誤差は1～2%であり、これは、測量位置其の他に基づく測量誤差とみなして差支えないので、測量方向による誤差がないと考えてよいであろう。しかし第4節の測量横断図の作成に当つては、全測量図は左岸より右岸へ向つた場合の測深記録を採用した。



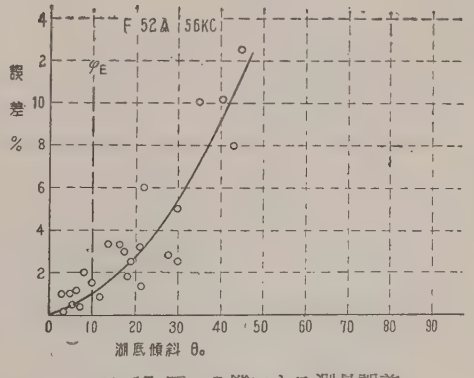
第 14 図　測量方向に基づく測深誤差



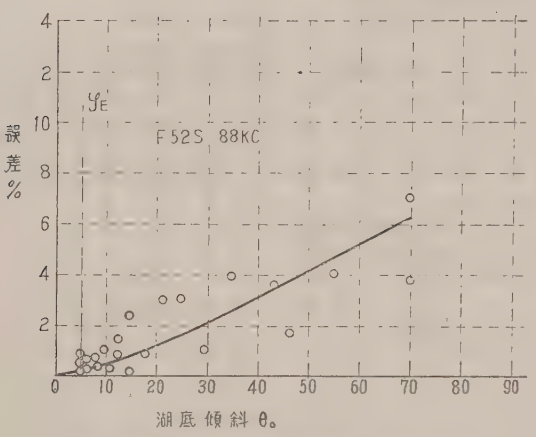
第 15 図　A機による測量誤差



第 16 図　B機による測量誤差



第 17 図　C機による測量誤差



第 18 図　精密音響測深機による測量誤差

4. 音響測量に対する傾斜修正及び測量誤差

傾斜を有する海底（湖底）を音響測量する場合には、記録上の読取水深に対して傾斜修正を施す必要がある。傾斜角を θ, 超音波送波器の指向角を φ とすれば、次の 2 つの場合について考えなければならない。

1)　$\theta \leqq \varphi$

海底傾斜角が指向角より小さい場合には次式によつて修正する。

$$\left.\begin{aligned} h &= l \sec\theta \\ \text{及び } \sin\theta &= \tan\theta' \end{aligned}\right\} \cdots\cdots ①$$

但　h：音響測量より求めうる実水深

θ：音響測量より求める実傾斜角

l：記録よりの読取水深

θ'：見かけの傾斜角

音響測量と三角測量とによる湖底地形の誤差を求めるには（1）式に基て l 及び θ' より h 及び θ を求め、次に三角測量による実水深 H に対する誤差を求めればよい。

即ち　　誤差 $\varepsilon = \dfrac{H-h}{H}$ ……②

この測量誤差を三角測量による測量傾斜角 θ_0 に対して求めれば第11図より第13図までの φ_E より左部分の結果をうる事が出来る。第11図、12、13、14はそれぞれ第1表の測量機に対するもので、横軸に θ_0、縦軸に%で表した測量誤差を表してある。音響測深機による測量誤差は第14図に示す如く1～2%以内であり、他の測深機については2～4%前後もある。これらの誤差を求めるに際しては起伏の特に激しい箇所のものは除外した。

2)　$\theta < \varphi$

海底（湖底）傾斜角 θ が超音波の指向角より大なる場合には指向角を考えた傾斜修正を行う必要がある。海底に於ける超音波の反射に寄与する範囲の海面の半径を表す場合に、海底が傾斜しているとそれに応じて変化することになる。実験的に求められた指向角は多くの資料より更に検討を要するが、これを有効指向角と名付ける。

有効指向角 $\varphi_E = 0.6\ \varphi_{\frac{1}{2}}$ ……③

但　$\varphi_{\frac{1}{2}}$：半減指向角

この実効指向角の考えを含めての傾斜修正式は次式にて示される。

$$h = l \sec\theta \cos(\theta - \varphi_E) \cdots\cdots ④$$

又　$\tan\theta' = \sin\theta \sec(\theta - \varphi_E)$

より　$\theta = \tan^{-1} \dfrac{\cos\varphi_E + \tan\theta'}{1 - \sin\varphi_E \tan\theta'}$ ……⑤

但　h：音響測量より求め得る実水深

θ：音響測量より求め得る実傾斜角

1) 橋本、間庭、野村　魚群体よりの超音波反射波の合成に関する研究　1953,12.8
音響測深法委員会、レポート

l ：記録よりの読取水深

θ' ：海底（湖底）のみかけの傾斜角

φ_E：送波器の実効指向角

音響測量による読取水深及びみかけの傾斜角より修正水深 h を求め、三角測量による実水深Hに対して（2）式により測量誤差 ε を求め、それぞれの測量機につき、前述の第11、12、13、14図の φ_E より右方へプロットすれば、$\theta_0 > \varphi$ の場合の測量誤差が得られる。各図より明かな如く精密測深機に於ては20°前後の傾斜に対しての測量誤差は1％、50°に於ては約10％、又他の測量機については、前者の場合2～4％で傾斜角が増すに従つて誤差は10％以上にもなり、45°以上になれば測深は殆んと不可能である。

誤差の算出にあたつては、20°以内の傾斜は主に右岸にみられ、既に述べた様に右岸は河流方向に対して出入がないので誤差が比較的少く、左岸はこれに反して出入が激しいので、傾斜に基づく測量誤差の他に、前後の斜面よりの反射が寄与していると考えられるので、指向角が広いもの程測量誤差が多い傾向がみられる。

5. 段階地形を有する湖底の測深記録

湖底傾斜が70°以上の場合で（実験に於ては特に左岸）而も階段をなしていて、測量機の指向角が鋭くなければ、第6、7、8図及び第10、11、12図に示した測深記録及び地形図から明かな様に、段を中心として前後に尾を引いた記録即ち偽底像が現われる。これは指向角が鋭い測量機では殆んど見られないので、指向性に基づくものと考えられているが、測深記録のみではこの階段地形の実形を判定することは可成困難である。

むすび

1. 海底（湖底）等の傾斜が比較的一様で、而も起伏がい場合には、傾斜角20°以内であれば魚群探知機で漁場測量等を行えば、測深記録に所用の傾斜を施すことにより、2～4％以内の測深誤差で実海底地形とほゞ等しい測量図を作成する事が出来る。及精密音響測深機を使用すれば、傾斜角20°以内で1～2％、20°以上でも最大10％の誤差の範囲内で測量を行う事が出来る。1～2％程度の誤差は、測深位置、その他の決定の際に生ずる誤差と考えられるので、実用的には測深誤差は無視しうるものと思う。

2. 海底起伏が激し場合には、所用の修正を施しても尚各測量機について10％以上の誤差を生じている。この点に関し今後複雑な地形に対して実地形と音響測量による地形との相関々係を求める必要がある。

3. 本実験地に於ける調整地左岸の如く傾斜が30°～70°位の所では超音波送波器の指向角が鋭い程忠実性がある様に思われる。指向角が鋭くない場合には50°以上の傾斜では測深が困難で、段地形をなしている所では、指向性に基いて偽底像が現われ、記録から地形を判断する事はむづかしい。急傾斜地形での超音波の反射については指向角内にある強い反射体から来ると思われるが、これに関しては今後の研究を要する。

4. 測量に際しては本実験の右岸の如く、河流方向に出入がある場合が往々にしてあり、測量線より外れた点からの超音波の反射があると考えられ、測量誤差も出て来る。従つて測量線直下を測量すると同時に、傾斜地形の傾斜方向を探知する方法を考えなければ、誤差の少い測量図を得る事が出来ない。

終りに、本研究を行うに際しては東北電力株式会社　苫米地勤技師、海上電機株式会社　大平長

秋氏、沖電気工業株式会社 秋元喜一郎氏、及び山内博氏の御協力を得られた事に対して深甚なる謝意を表するとともに、実験に当つて御助力願つた海上電機、平井芳彦、沖電気 河中洸人両氏と、資料の整理にあたつた東京水産大学々生山本操、長沢保の両君に感謝する次第である。(西村)

研究担当 橋本富壽
西村實
間庭愛信

(1953 年 12 月)

DSLの超音波傳播特性に及ぼす影響に關する研究

Influence of DSL on the Characteristics of Ultrasonic Wave Propagation

概　　要

超音波が海水中を鉛直方向に伝播する際、DSLに於て異常現象を生じ、それよりの反響音が認められ、記録紙上に層となつて現われる。之れは筆者等が昭和16年に発見してN層と名付けているが、其の後各国に於て研究せられている。之は100m乃至数百mの深度に存在し、プランクトン等の生物の集群、其の他温度差、密度差等のある場合が考えられる。之らに就て水槽に於て基礎実験を行つたが、温度差密度差の場合は実測値と計算値が略々合致した。プランクトン層に就てはプランクトンが増えると反射波の音圧強度もふえる結果が得られた。尙実際海洋に於てDSLの反射損失を測定した。然し海洋観測の結果は尙解明を要する段階である。

ABSTRACT

When the ultrasonic waves propagate vertically in the sea water, unusual phenomenas occur at D.S.L.. The layers are recorded on the recording paper, according to the reflection of the waves. After the writer and the other investigators found the existence of such layers in 1941 and named them N-Layer, they have been studied in several countries. They are found at the depth of from one to several hundred meters and likely to be caused by planktons and other living things, or difference in temperature or density of the water. The writer made basic experiment on them in the water tank. The measured values of the pressure of sound waves accord with the theoretical values as for the layers formed by the difference in temperature or density of the water. As for the layers formed by planktons their amount increases more, sound pressure of the ultrasonic waves reflcting at their layers grows more powerful. We measured the reflection loss by D.S.L. in the sea.

※　本研究は水産大学宇田道隆博士を主任とするDSL研究委員会の補助を受け、当研究室がその基礎研究を分担したもので、本報告はその一部である。

【項　　目】

まえがき
1. 基礎実験
(1) 測定機及び測定装置
(2) 水の溫度差のある層の超音波反射損失
a. 測定方法
b. 測定結果
c. 反射損失の計算
(3) 水の塩分含有量に依つて密度差のあある層の超音波反射損失
a. 測定方法
b. 測定結果
c. 反射損失の計算
(4) プランクトン層の超音波反射損失
a. 測定方法
b. 測定結果
2. 実際海面に於ける DSL の超音波反射の実測結果
(1) 測定機
(2) 測定方法
(3) 測定結果
むすび

まえがき

超音波が海水中を鉛直方向に伝播する際、DSL に於て異常現象を生じ之れよりの反響音が認められる。之は既に筆者等が昭和16年（1941年）に 500m 程度の深度の溫度変化の急激な所に発見して N 層と名付けている[1]。之は 100m乃至数百m の深度に存在し、プランクトン其の他各種の生物の集群、或は溫度差、密度差等の物理的性質の差の著しい潮境等と考えられるが各種の説がある。

この異常現象を解明する為の基礎実験として、水の温度差、密度差及びプランクトンの層を作つて、之れらの音響的に性質の異る面よりの反射損失の測定を行つた。

又水産大学海鷹丸に依り、1952年８月、四日市―八丈島―金華山のコースで実際の DSL の反射損失の測定を行つた結果に就て述べる。

1. 基礎実験

水槽に於て、水の温度差及び密度差のある層及びプランクトンの層の反射損失を測定した。

(1) 測定機及び測定装置

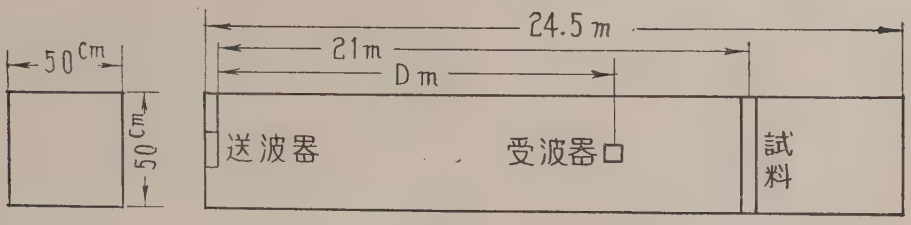
右の２種の記録式魚探機を用いた。

送受波器及び試料を第１図の様に水槽に配置し、Sliding method[2] を用いて、受波器を移動させて直接波及び反射波の音圧強度をマーデンテスト法[3]に依つて測定する。

第１表

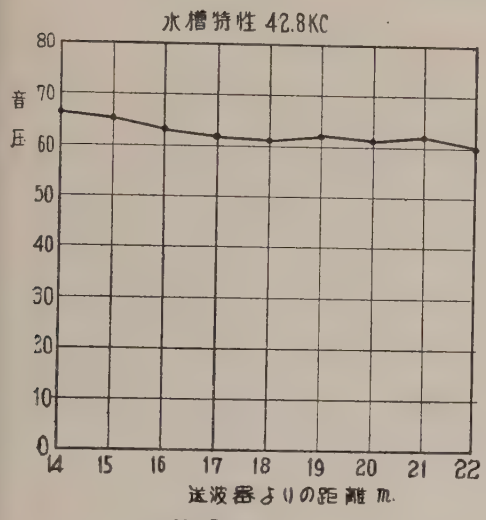
周波数 KC	送受波器		
	送波器寸度 単位 'm	受波器寸度 単位Cm	材質
28	11.2×11.2	6.4×1.9	No
42.8	15 × 15	6.4×1.4	AF合金

1) 漁船資料 第２号 超音波測深機魚群探知機並にその応用に関する研究，橋本富寿 昭和26年12月
2) 海面に垂直方向の超音波特性 橋本富寿 昭和28年10月１日
3) 特許 162612 橋本富寿 昭和18年10月25日

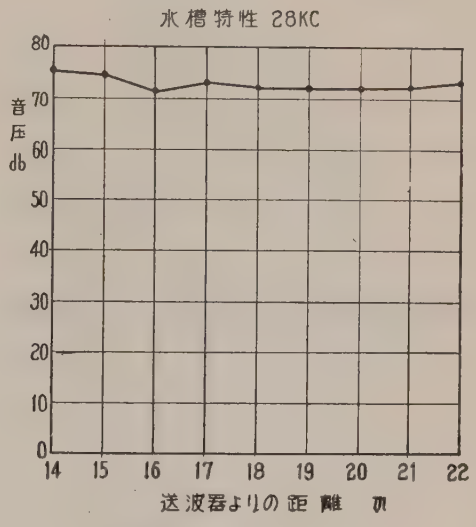


第 1 図

この場合、水槽中の超音波伝播特性は第2図、第3図に示す通りである。この特性の平坦な所に試料をおく。



第 2 図



第 3 図

水槽断面は巾 50cm 高さ 60cm であつて水深は常時に 50cm を保つ様にする。

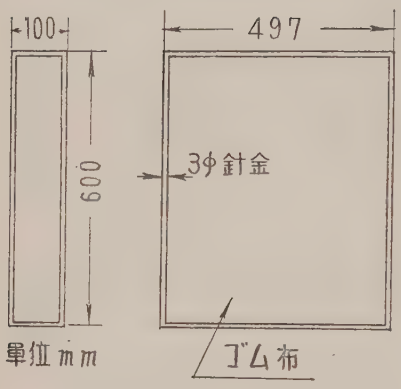
音波は水槽中を平面波として伝播するから、直接波、反射波の音圧強度を夫々 p_o、p とすれば反射損失 L は次式で示される。

$$L = 20 \log_{10} \frac{p_o}{p}$$

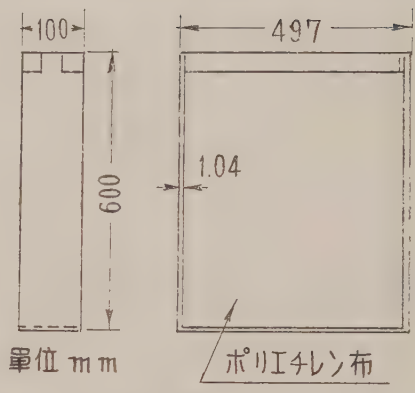
温度差、密度差のある水及びプランクトンの層を作る為に、之らを容器に入れる。その容器は反射損失の大きいものでなければならない。之にはゴム布及びポリエチレン布を用いた場合を考えてみる。之れらを第4図、第5図の様に夫々針金及び薄い鉄板の枠組にはる。枠組のみの場合は、28kc、42.8kc の周波数では反射損失は 80db 以上である。

この場合使用したゴム布は、厚さ 0.05mm で、ポリエチレン布は、厚さ 0.05mm の薄いものである。

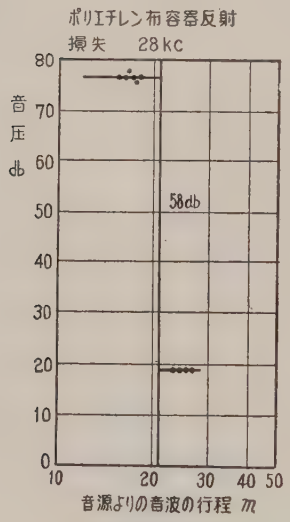
夫々の容器に水を入れて反射損失を測定した場合は第6図、第7図、第8図の様になり、測定結果をまとめれば第2表の様になる。



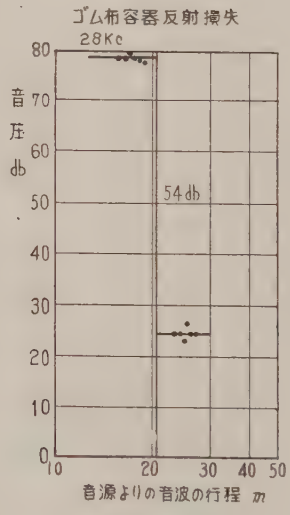
第 4 図



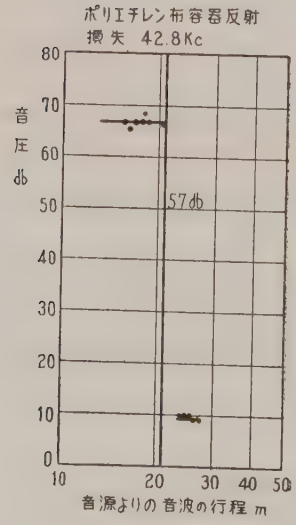
第 5 図



第 6 図



第 7 図

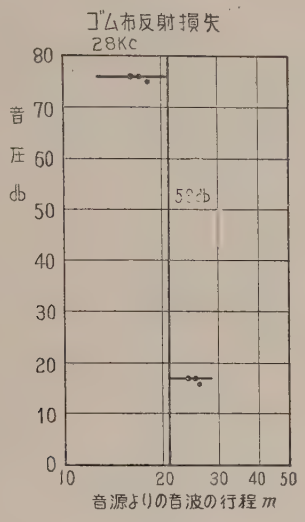


第 8 図

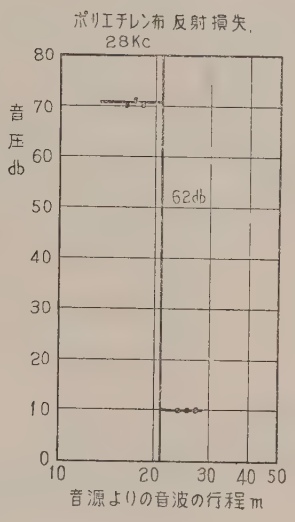
第 2 表
容器の反射損失

容器の種類 ＼ 周波数	28Kc	42.8Kc
ゴム布容器	54db	58db
ポリエチレン布容器		57db

片面のみにゴム布及びポリエチレン布をはつた時の 28kc による反射損失は第9図、第10図に示す如く、夫々 59db、62dbである。

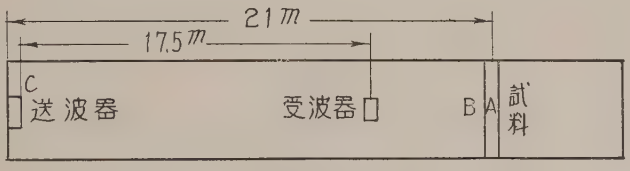


第 9 図



第 10 図

第11図の様な配置で、之れらの布の透過損失を、布のない場合の直接波の音圧強度と、ある場合の透過波の音圧強度の差から求めた場合、第3表、第4表の如く、ゴム布は 2db、ポリエチレン布 1 dbはであつた。



第 11 図

第 3 表

ゴム布の透過損失

ゴム布から受波器迄の距離 Xcm	ゴム布のない場合の直接波の音圧強度 $M_o$db	ゴム布のある場合の透過波の音圧強度 $M_p$db	記事
	72		ゴム布なし
0		69	ゴム布あり
10		70	
20		69	

透過損失 2db

第 4 表

ポリエチレン布の透過損失

ポリエチレン布から受波器迄の距離 Xcm	ポリエチレン布のない場合の直接波の音圧強度 $M_p$db	ポリエチレン布のある場合の透過波の音圧強度 $M_p$db	記事
	71		ポリエチレン布なし
0		70	ポリエチレン布あり
10		69	
20		69	

透過損失 1db

この結果ポリエチレン布の方が透過損失が少いことが判つたので測定には主に之れを用いることとした。

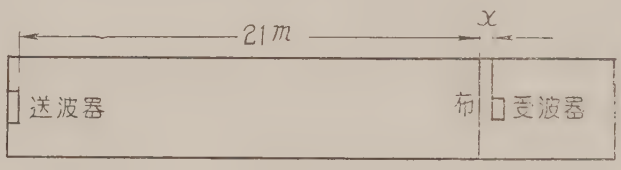
(2)　水の温度差のある層の超音波反射損失

a. 測定方法

ポリエチレン布の容器に約40°Cの湯を入れて10cmの厚さの温度差のある層を作る。この時、布の外面に微細な気泡が一面に附着するから之れを完全に除く。

第12図の様に送波器、受波器及び容器を配置してSliding methodに依つて測定する。予め直接波の音圧強度を測定すれば、28kcでは79db、42.8kcでは73dbである。

第12図に於けるA, B, C 3点で水温を測定し、同時に送波器より17.5mの位置に於て反射波の音圧強度を測定して、(1) 式より反射損失を求める。



第 12 図

b. 測定結果

測定結果を第5表、第6表、第13図、第14図に示す。水槽のB点に於ける温度 t_b と、湯の温度 t_a との差 $T=t_a-t_b$ に対する反射損失及び反射率を記す。

第 5 表

水の温度差のある層の超音波反射損失

28KC 直接波の音圧強度 M_D = 79 db

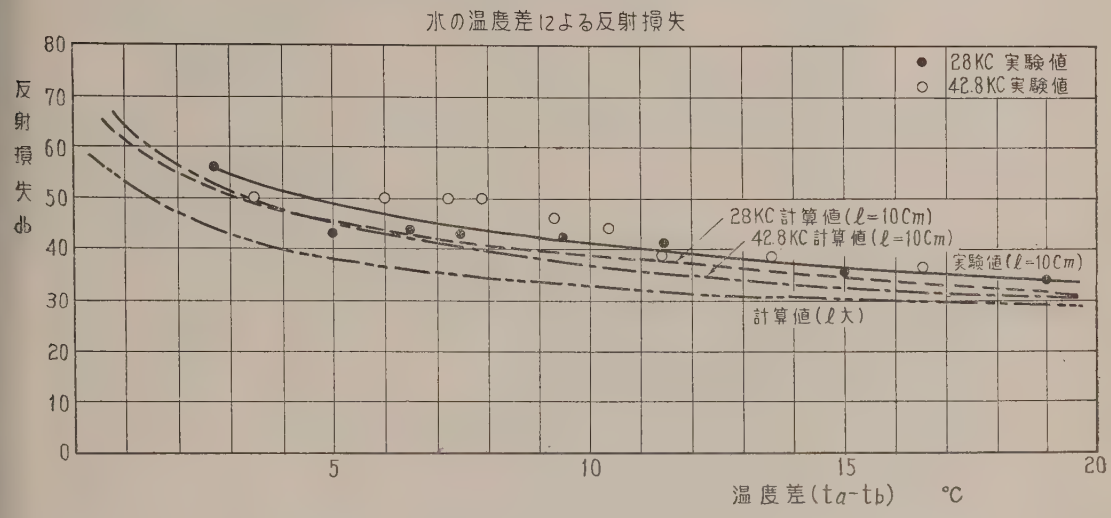
容器内 A点の温度 t_a °C	水槽内 B点の温度 t_b °C	水槽内 C点の温度 t_c °C	$T=t_a-t_b$ °C	送波器より17.5mの位置に於ける反射波の音圧強度 $M_R$db	反射損失 L db	反射率 γ %
29.5	10.5	10.4	19.0	45	34	1.99
25.5	10.5		15.0	43	36	1.58
22.0	10.5		11.5	38	41	0.98
20.0	10.5	10.4	9.5	37	42	0.79
18.0	10.5		7.5	36	43	0.70
17.0	10.5		6.5	36	43	0.70
15.5	10.5		5.0	35	44	0.63
13.1	10.5	10.4	2.6	22	57	0.14

第 6 表

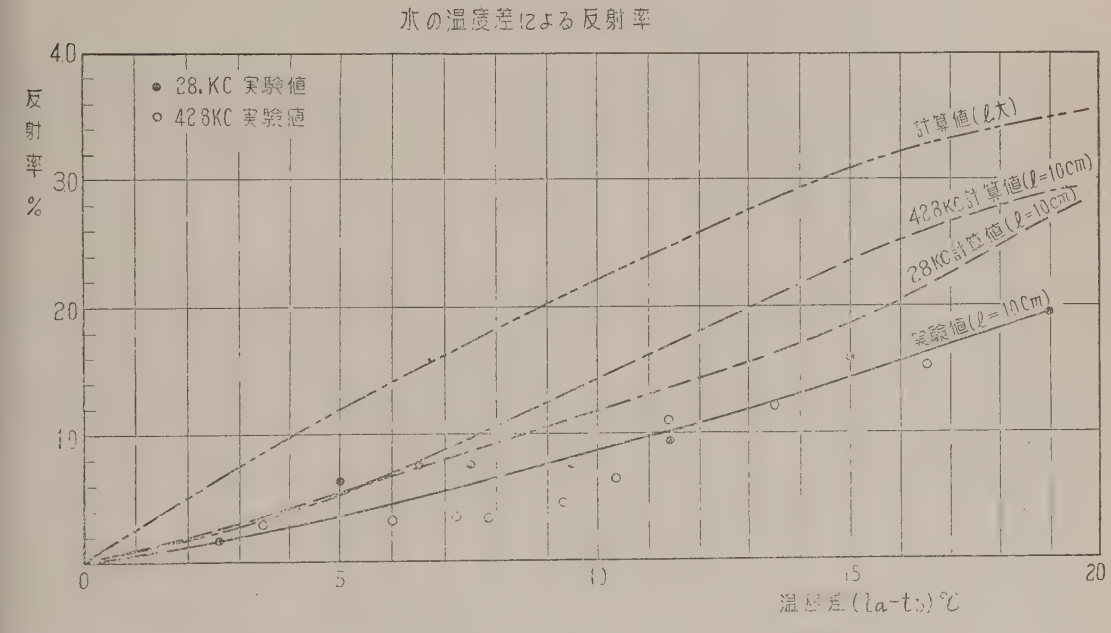
水の温度差のある層の超音波反射損失

42.8KC 直接波の音圧強度 M_D = 73db

容器内 A点の温度 t_a °C	水槽内 B点の温度 t_b °C	水槽内 C点の温度 t_c °C	$T=t_a-t_b$ °C	送波器よりの15.7m位置に於ける反射波の音圧強度 $M_R$db	反射損失 L db	反射率 γ %
26.5	10.0	9.8	16.5	37	36	1.58
23.6	10.1		13.5	35	38	1.26
21.5	10.1		11.4	34	39	1.12
20.6	10.2		10.4	29	44	0.63
19.7	10.3		9.3	26	47	0.44
18.2	10.3		7.9	23	50	0.31
17.5	10.3	10.2	7.2	23	50	0.31
16.5	10.5		6.0	23	50	0.31
14.0	10.5	10.5	3.5	23	50	0.31



第 13 図



第 14 図

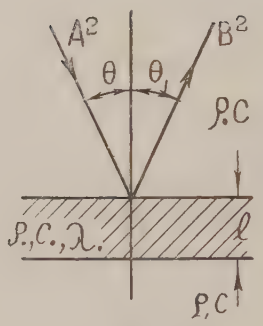
c.　反射損失の計算

一様な媒質中に 1 なる厚さの物体がある場合の勢力比で表した反射率は次式で示される。[4]

$$\frac{B^2}{A^2}=\frac{\left(\frac{\rho c\cos\theta_1}{\rho_1 c_1\cos\theta}-\frac{\rho_1 c_1\cos\theta}{\rho c\cos\theta_1}\right)^2}{4\cot^2\frac{2\pi l}{\lambda_1}\cos\theta_1+\left(\frac{\rho c\cos\theta_1}{\rho_1 c_1\cos\theta}+\frac{\rho_1 c_1\cos\theta}{\rho c\cos\theta_1}\right)^2}\quad\cdots\cdots(2)$$

4) 超音波測深並魚探の研究、檜本富寿、昭和25年3月

ここに　A^2　：入射勢力
　　B_2　：反射勢力
　　ρ, c　：媒質の密度、音速
　　ρ_1, c_1, λ_1　：物体の密度、音速、波長
　　l　：物体の厚さ
　　θ　：入射角
　　θ_1　：反射角



第 16 図

$\theta=\theta_1=0$ の場合、音圧比で表した反射率 γ 及び反射損失 L は次式の様になる。

$$\gamma=\sqrt{\frac{B^2}{A^2}}=\sqrt{\frac{\left(\frac{\rho c}{\rho_1 c_1}-\frac{\rho_1 c_1}{\rho c}\right)^2}{4\cot^2\frac{2\pi l}{\lambda_1}+\left(\frac{\rho c}{\rho_1 c_1}+\frac{\rho_1 c_1}{\rho c}\right)^2}} \quad \cdots\cdots(3)$$

$$L=20\log_{10}\sqrt{\frac{\left(\frac{\rho c}{\rho_1 c_1}-\frac{\rho_1 c_1}{\rho c}\right)^2}{4\cot^2\frac{2\pi l}{\lambda_1}+\left(\frac{\rho c}{\rho_1 c_1}+\frac{\rho_1 c_1}{\rho c}\right)^2}} \quad \cdots\cdots(4)$$

清水に就て実験と同様に l=10cm で 10.5°C とに温度差のある場合、(3)、(4) 式によつて計算した反射率及び反射損失の値を第13図、第14図に記入する。又 l が大きくなつた場合、即ち温度差のある水塊が超音波の伝播方向にひろがつた場合の計算値も参考の為に記入した。

l=10cm の場合の計算値は実験値と略々合致する。

(3)　水の塩分含有量に依つて密度差のある層の超音波反射損失

a.　測定方法

ゴム布容器に食塩水を入れて 10cm の厚さの密度差のある層を作る。即ち先ずゴム容器に水を満たして水槽中の定位置におき、食塩水をビーカーに入れて之れをゴム布容器に沈ませて静かにあけ、棒で気泡の出来ない様に静かに攪拌し、入れただけの容量の溶液を之れから取去り容器内の容積を一定にする。この場合食塩量を増すに従い、ゴム布の下部が次第にふくらみ、水槽断面と平行にならなく故、塩分含有量2%以上の測定は出来ない。

予め直接波の音圧強度を測定し、各塩分濃度の場合に送波器より 17.5m の位置に於て反射波の音圧強度を測定し、同時に比重計にて比重を測定する。

b.　測定結果

測定は 28kc で行い、測定結果を第7表、に示す。

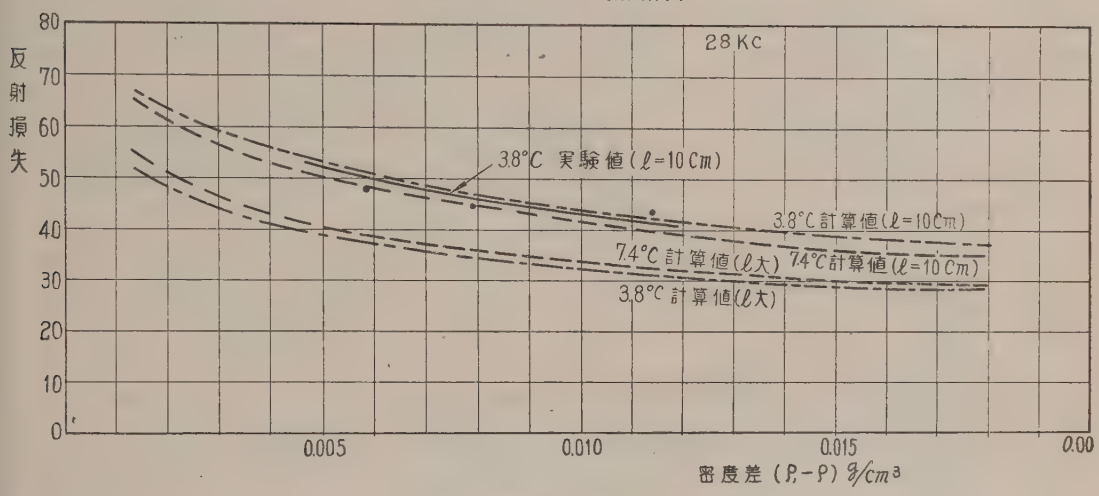
第 7 表

水の密度差のある層の超音波反射損失

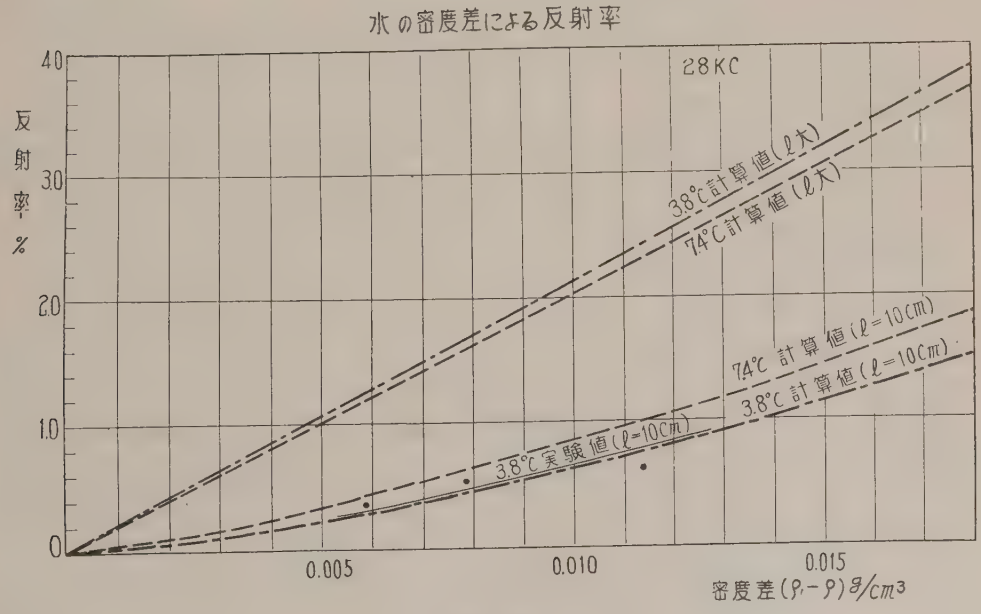
28KC　直接波の音圧強度 M_D=77db　水温 3.8°C

水槽内の水の密度 ρ g/cm³	容器内、水ノ密度 ρ g/cm³	$\rho_1-\rho$ g/cm³	送波器より17.5mの位置に於ける反射波の音圧強度 M_R db	反射損失 Ldb	反射率 γ%
1.0000	1.0058	0.0058	28	49	0.35
	1.0079	0.0079	32	45	0.56
	1.0114	0.0114	33	44	0.63

容器内の密度 ρ_1 と、水槽中の清水の密度 ρ との差 $\rho_1-\rho$ に対して反射損失及び反射率を plot し、第15図、第16図に示す。



第 15 図



第 16 図

c. 反射損失の計算

清水中の塩分含有量による密度差のある層の反射損失及び反射率を、厚さ 1=10cm 及び 1 が大きい場合に、水温 3.8°C に就て計算し、第15図、第16図に示す。参考の為に水温 7.4°C に就て計算した結果も記しておく。

水温 38°C で 1=10cm の場合、計算値と実験値が略々合致する。

尚他の温度に就ても実験及び計算によつて検討を要する。

(4) プランクトン層の超音波反射損失

a. 測定方法

測定試料のプランクトンは、東京港観音崎沖約1浬附近に於てプランクトンネツトを曳いて採集したものである。之をポリエテレン布容器に入れて分布密度を変えて反射損失を測定した。測定後試料をネツトにて濾過し、フオルマリンにて固定し、沈澱容積を求める。

b. 測定結果

イ) 直径30cmの動物性プランクトン採集用ネツトにて採集したものに就て測定する。

大部分は動物性プランクトンで、植物性プランクトンも多少含まれている。その種類は次の通りである。

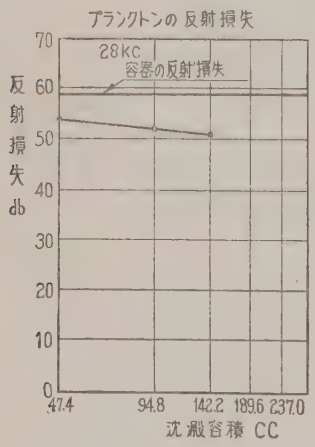
動物性プランクトン	
Copepoda	C
Mysis	R
Sagitta sp	R
植物性プランクトン（珪藻類）	
Thalassiothrix nitzschioides Grum	C
Chaetoceras atlanticus cleve	C

C : Common

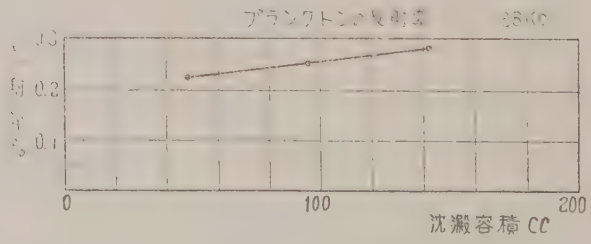
R : Rare

採集したプランクトンの総量は237cc*であつてその⅛、即ち47.4ccづつを取出し、清水にて洗い、ネツトにて濾過し、塩分を除いた後ポリエチレン布容器は入れて静かに攪拌して一様に分布せしめ、送波器より17.5mの位置に於ける反射波の音圧強度を測定する。測定は迅速に、活きている状態に出来るだけ近い状態で行う。

28 kcの場合、直接波の音圧強度は81dbであつて、測定結果を容器に入れたプランクトンの量に対する反射損失及び反射率で示せば、第17図及び第18図の様になる。

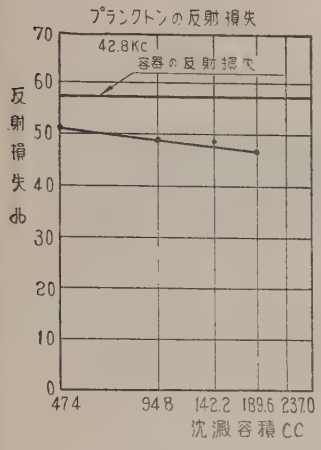


第 17 図

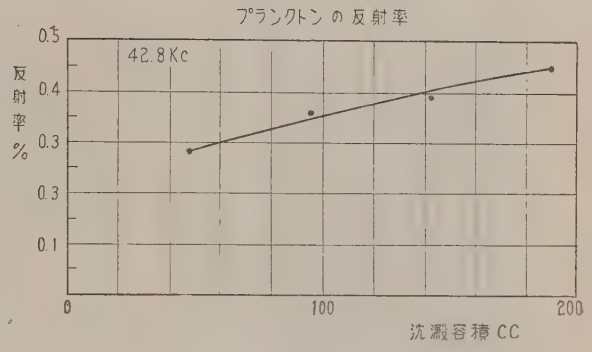


第 18 図

42.8 kcの場合、直接波の音圧強度は76dbであつて反射損失及び反射率は第19図及び第20図に示す。周波数が高い方が反射損失は少い結果が得れらた。



第 19 図



第 20 図

ロ） 直径 25cm の植物性プランクトン採集用ネットにて採集したものに就て測定する。動物性プランクトンも含まれその種類は次の通りである。

動物性プランクトン	
Copepoda	C
Mysis	R
Sagitta sp	R
植動性プランクトン（珪藻類）	
Thalassiothrix nitzschioides Grum	C
Chaetoceras atlanticus cleve	C
Rhizosolenia acuminata (Perag)	C
Rhizosolenia hebetata (Bail)	R
Biddulphia granulata Roper	C

C : Common

R : Rare

採集したプランクトンの総量は 135cc であつて、その⅙即ち 22.5cc づつをポリエチレン布容器に入れ、送波器より 17.5m の位置に於ける反射波の音圧強度を測定する。

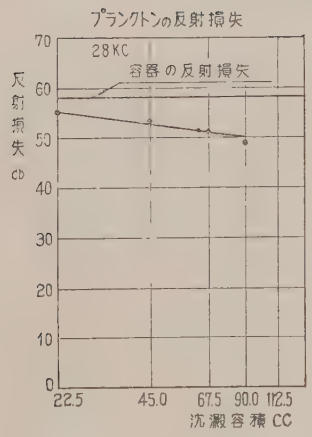
この場合海水も入つて容器内の密度が増すから、比重計で比重も測定し第8表に示す。測定は迅速に、プランクトンが活きている状態と変らない状態で行う。

周波数は 28kc で測定する。直接波の音圧強度は 81db であつて、測定結果を容器に入れたプランクトンの量に対する反射損失及び反射率で示せば、第21図及び第22図の様になる。

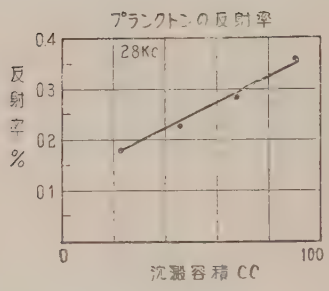
第 8 表

プランクトン容積 cc	容器内の水の密度 ρ_1 g/cm³	$\rho_1-\rho$ g/cm³
22.5	1.0000	0.0003
45.0	1.0003	0.0006
67.5	1.0012	0.0015
90.0	1.0014	0.0017

水槽内の水の密度 $\rho=0.9997$ g/cm³



第 22 図



第 23 図

以上のプランクトンの層の反射損失の測定の結果、プランクトンが増加するに従い、反射損失が減少する傾向が認められた。

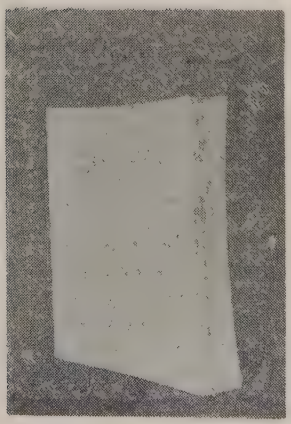
測定状況及び測定に用いたプランクトンは第23図～第30図に示す。

※ プランクトンの定量

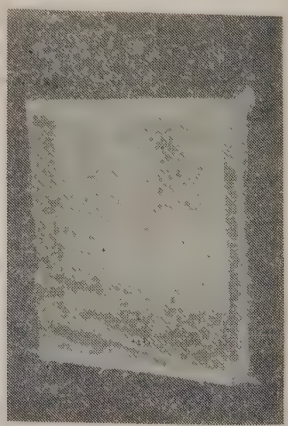
測定容器中の水の容量は 25000cc であつて、之れをネツトにて濾過して 1000 cc とし、之れに 30cc のフオルマリン液を加え、一様に攪拌したものを沈澱管にとり、24 時間及び 48 時間後の沈澱容積を読み之れからプランクトンの総量を求める。その結果を次表に示す。

沈澱管の容積 Vcc	24時間後のプランクトンの沈澱容積 V_1cc	48時間後のプランクトンの沈澱容積 V_2cc	プランクトンの総量 $\frac{V_2}{V_1}\times 1000$cc
30	9.0	7.4	246
30	8.0	7.0	233
50	15.5	12.0	240
100	28.0	23.0	230

プランクトンの総量＝237cc（平均）

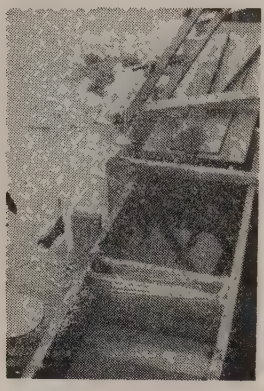


第 23 図 ゴム布容器



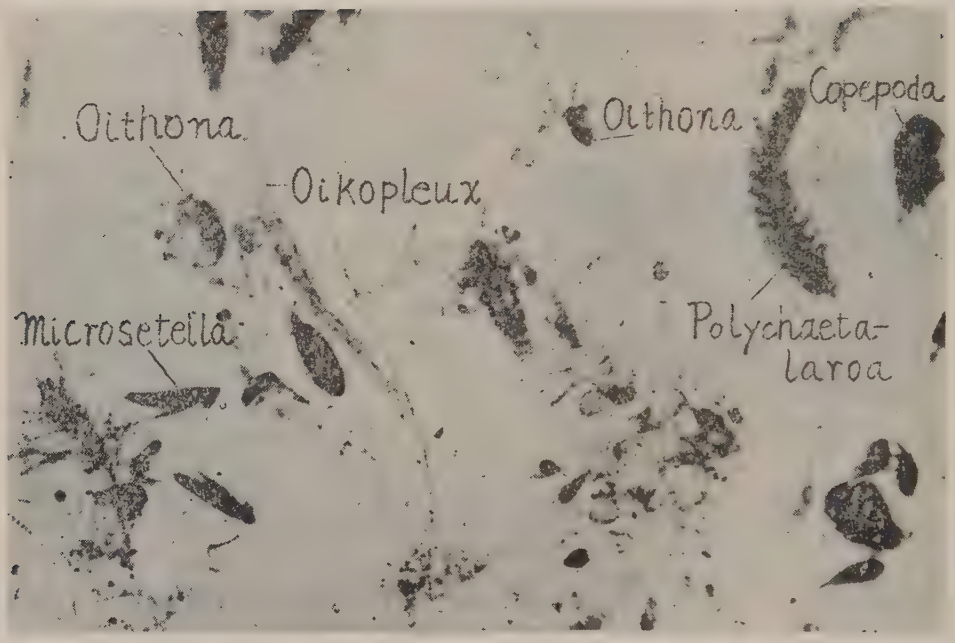
第 24 図 ポリエチレン布容器

第 25 図　採集したプランクトン



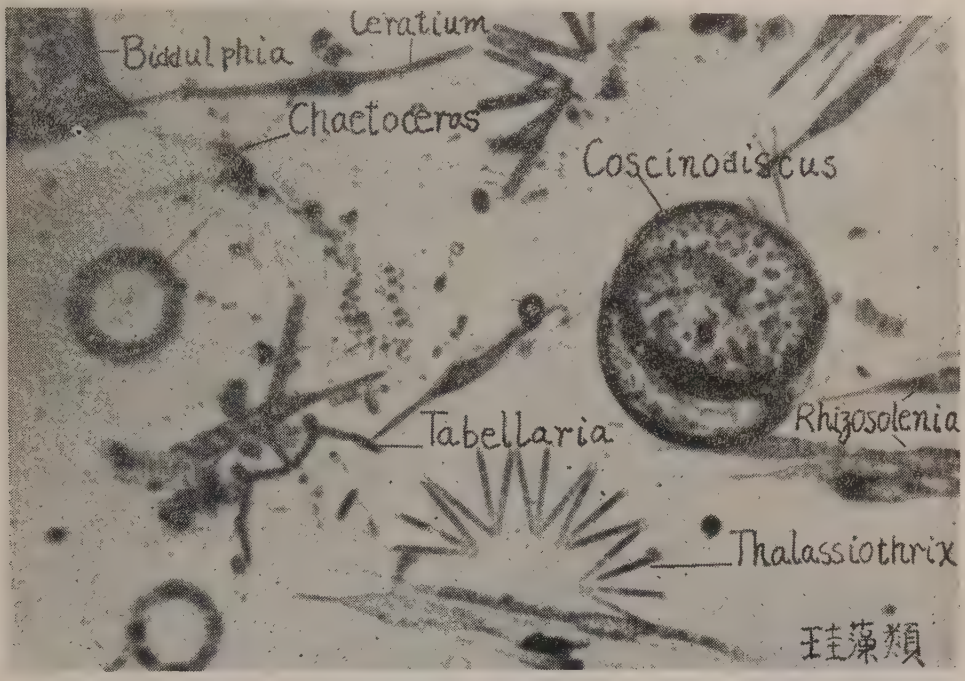
第 26 図　プランクトンの反射
損失測定状況

第 27 図　Centropages (50倍)



第 28 図　プランクトン (10倍)

第 29 図　プランクトン (20倍)



第 30 図　プランクトン (50)

2. 実際海面に於げる DSL の超音波反射損失の實測結果

(1) 測定機

使用した測定機は 1 号 A 型音響測深機である。

発振器は蓄電器放電方式で、周波数は 14.5Kc である。

送受波器は共に直径 12.4 cm、厚さ 20cm の環状磁歪振動子で、材質は Ni、反射傘の直径は 66 cmである。

送受波器の部分の船底板の厚さは 6mm である。

(2) 測定方法

各種の深度で、傾斜のない平坦な、底質の判つた海底よりの反射波の音圧強度を測定し、之を深度に対して plot する。その場合の走航減衰及び海底反射損失を加えた値だけ上方に plot して、球面拡散曲線をひき、理想海底の反射波伝播特性を求める。

DSL よりの反射波の音圧強度を測定し、之をその深度に対して plot し、同一深度の理想海底よりの反射波の音圧強度との差を求めてその DSL の反射損失を求める。

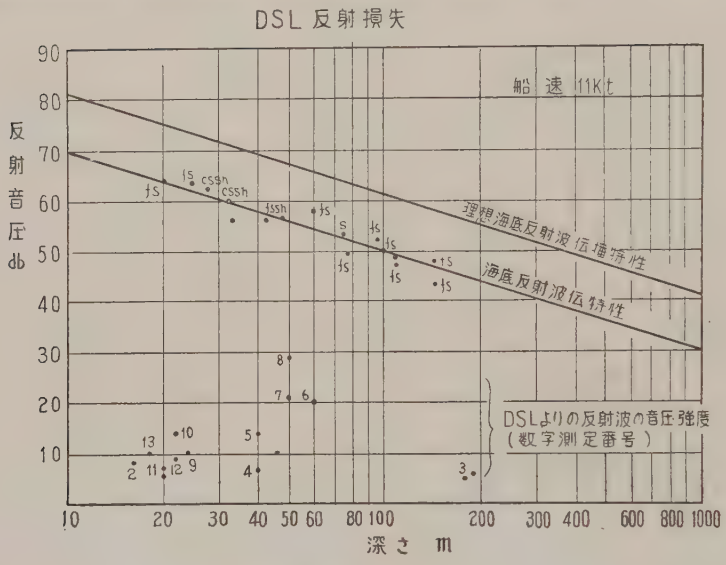
(3) 測定結果

測定結果を第31図に示す。

底質 fs の測定値に依つて球面拡散曲線をひく。走航減衰 3db と、fs の反射損失 8db[5] の和 11db だけ上方に、之れに平行線をひき、理想海底よりの反射波伝播特性を求める。之と DSL よりの反射波の音圧強度との差から、その反射損失を求めれば第 9 表の様になる。但し、DSL よりの反射波音圧強度は、船が停止中の測定値である。表には各観測点の諸状況を記す。

之より DSL の反射損失は、40～70 db である。

5) 海面に垂直方向の超音波特性、橋本富寿、　昭和28年10月



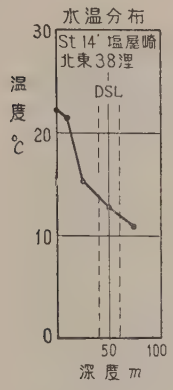
第 31 図

第 9 表

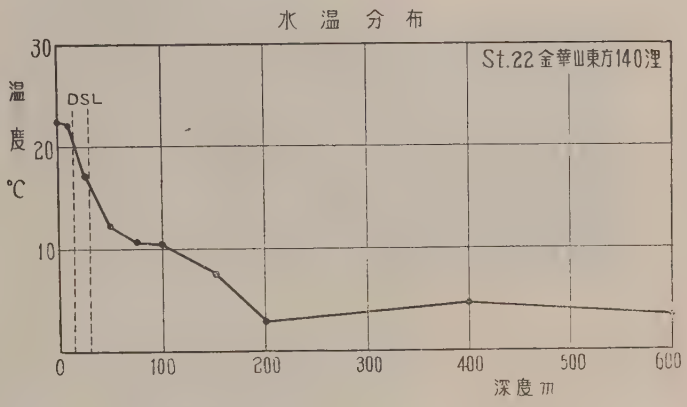
測定番号	DSL 深度 m	DSL 反射損失 db	海底深度m	日時	場所	プランクトン
1	20	69	28~32	8.22 1734~ 2130	St.5 八丈島神湊泊地	Lucifer 多し、後は Copepoda
2	17	68				
3	180~190	50	270	8.25 1810~ 2100	St.14' 塩屋崎北東38浬	Copepoda, Medusae, Sagitta 等動物性プランクトンが多いが、DSL に特別多いということは観察されない。
4	40	62				
5	40	55				
6	60	45				
7	50	46				
8	50	39				
9	24	63		8.27 0444~ 0600	St.22 金華山東方 140 浬	同上
10	22	60				
11	20	68				
12	22	65				
13	18	66				

観測点の水温分布を第32図、第33図、第34図に示す。但し第32図の場合は反射損失は測定していない。大体温度傾度の大きい所に出現しているが、超音波の反射は、各種の物理的、化学的、生物的の変化が混合された層よりのものであろう。

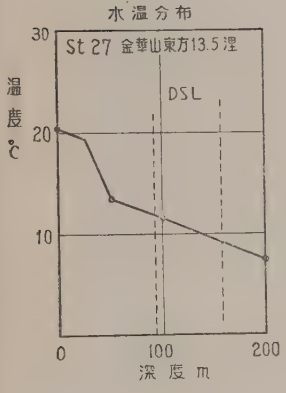
観測状況及びの DSL 記録を第35図より第42図迄に示す。



第 32 図



第 33 図

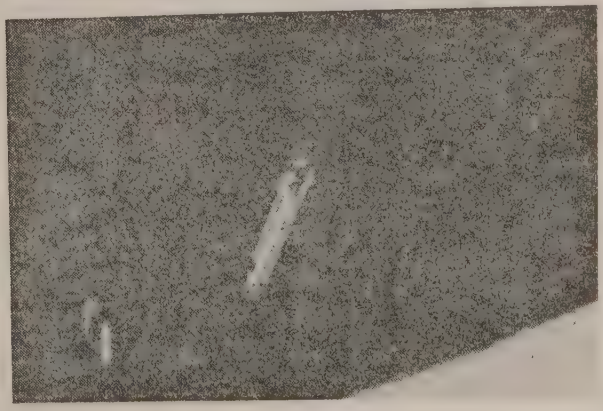


第 34 図

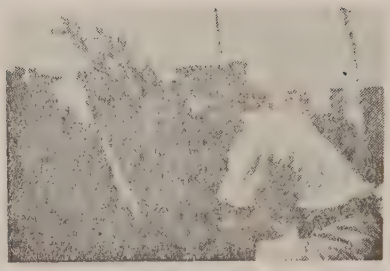
第 35 図　プランクトンネットを上す所

第 36 図　プランクトンネットを上げる所

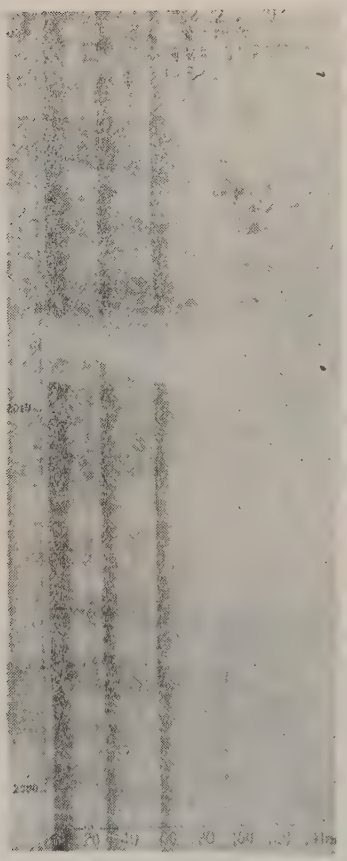
第 37 図　顛倒寒暖計を下す所



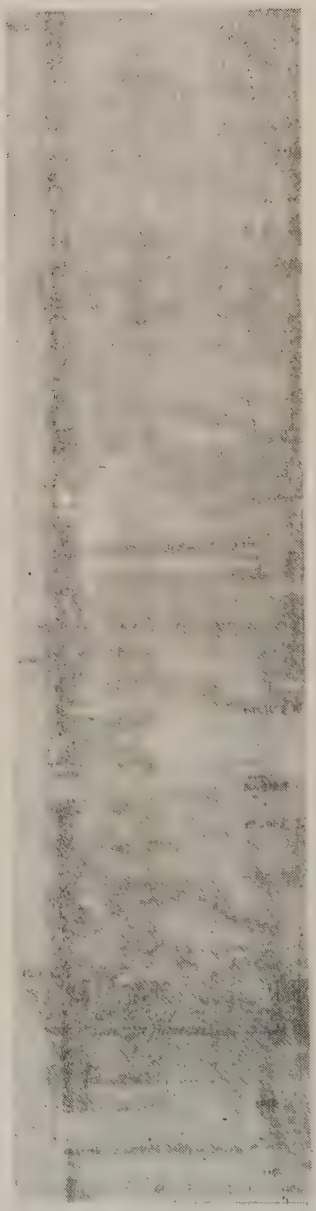
第 38 図　顛倒寒暖計を上げる所



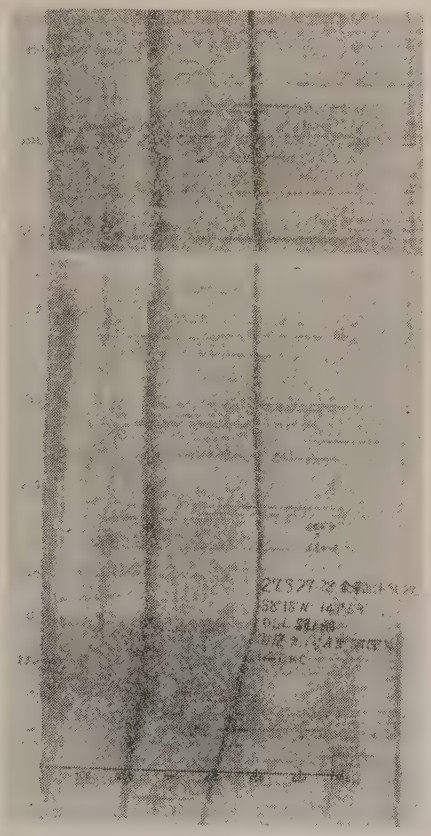
第 39 図 測温



40 図 DSL の記録八丈島
神湊 St. S



第 41 図 DSL の記録塩屋
崎東北 St141



第 42 図　DSL の記録金華山沖 S. t 27

む す び

海水中にて超音波の伝播に異常現象を生ぜしめる原因である水の温度差、密度差のある層、及びプランクトン層に就てその反射損失を測定した。

温度差、密度差のある場合は、測定値と計算値とが略々合致する。実際海洋に於てはこの様に劃然と温度差、密度差の境界が存するわけではなく、或深度間に傾度があるわけであるが、その特別な場合に就て測定を行つたものである。尙実際の場合に就て解明せねばならない。

プランクトンに就てはその沈澱容積と反射損失の関係が求められ、沈澱容積が増せば反射損失が減少する結果が得られた。

実際の DSL の反射損失を測定した。之れは大体温度傾度の大きい所にあるが、プランクトンが特に多いという結果が未だ得られていない。DSL に於けるプランクトンの量、其の他物理的性質の特性を正確に知つて、DSL の成因を明かにし、更に之れに於けるプランクトンの分布密度を知り、之れと反射損失との関係を求める必要がある。（間庭）

研究担当者　橋本富寿
間庭愛信

魚群探知機によるコンブ群落の探知に關する研究[1)]

Study on Detection of Japanese Tang Field by the Ultrasonic Fish-finder

概　　要

音響測深機或は魚群探知機をコンブ群落の探知或は調査用として使用する場合に、その適否が論ぜられているので、本研究に於ては北海道沿海のコンブ群落につき、魚群探知機による探知試験及び超音波特性の測定を行つた。その結果マコンブ、ガゴメ、ワカメ、ツルモ等の探知は可能で、マコンブの超音波反射率は約2％であることが判明した。コンブ群落の海底より高さは大体2m以内であると考えられるので、探知等に使用する機械は特に選択する必要がある。

ABSTRACT

To detect or investigate the Tang field by ultrasonic, its technical possibility has been often discussed in Japan.

This experiment was made on the Tang fields at Hokkaido Region in August 1953, using an ultrasonic echo-sounder, 50 kc in frequency, to locate the field and to measure its ultrasonic characteristics.

We can conclude that the detection of Tangs 〔*Laminaria japonica, Kjellmaniella crassifolia* (*Miyabe*) and *Chorda filum* (*L*) *Lamouroux*〕, Undaria 〔*Undaria pinnatifida* (*Harv*) *Sur*〕 etc., is possible by the ultrasonic echo-sounder and that the reflection coefficient of the Tang field is about 2% at 50 kc in frequency of ultrasonics.

For such investigation, however, we must pay special attention to select a suitable ultrasonic apparatus, as the tang field is less than 2 m in hight from the sea bottom, and the ultrasonic reflection is quite weak.

1) 本研究は音響利用水産研究委員会に当研究室が協力したもので、北海道大学水産学部 斉藤市郎教授、近江彦栄、鈴木恒由両助教授及同学理学部附属海藻研究所 中村義輝氏との共同研究で、1953年8月18日より23日に至る間、北海道函館及室蘭周辺のコンブ群落について実験が行われた。

項　　目

まえがき
1. コンブ群落の生態と測定装置
(1) コンブ群落の生態
(2) 測定装置及び測定方法
a. 測定装置
b. 測定方法
2. 深海コンブ群落の探知及び超音波反射率の測定
(1) 測定地域
(2) 超音波反射率の測定
(3) 標本の採集
3. 浅海コンブの探知
(1) コンブ群落の探知
(2) 標本の採集
4. 実験結果に対する考案及び結論
むすび

まえがき

音響測深機或は魚群探知機によるコンブ群落の探知は今まで余り行われていなかつた様であるが、最近コンブ礁の調査用としてその適否が論ぜられているので、本研究に於てはコンブ群落の探知可否及びその超音波諸特性を北海道沿海のコンブ礁について解明したのでその概略を報告する。

1. コンブ群落の生態コンブ群落の生態と測定装置

(1) コンブ群落の生態

コンブは一般に水深5～20mの海面に分布しており、その繁茂状況は、ホンダワラ、カジメ等が直立しているのに比べて、比較的海底に沿つて流れになびいているので、海底よりのコンブの高さは、その長さにもよるが、数十cm乃至1m前後であるといわれる。従つてこの調査用として一般の魚群探知機では一定の紙巾に対する測深々度が粗く（一般に0～100m以深のものが多い）、海底とコンブとを分離して探知することが可成困難であると考えられたので、本研究に於ては測定用の魚群探知機はこの点を考慮して選択を行つた。

(2) 測定装置及び測定方法

a. 測定装置。浅海用試作魚群探知機を、測定装置として使用し、その特性は次の通りである。

型　式	210A	測深々度	0～50m
周波数	50kc	送受波器半減角	22°
記録方式	乾式ベルト直線	紙送速度	40mm/min

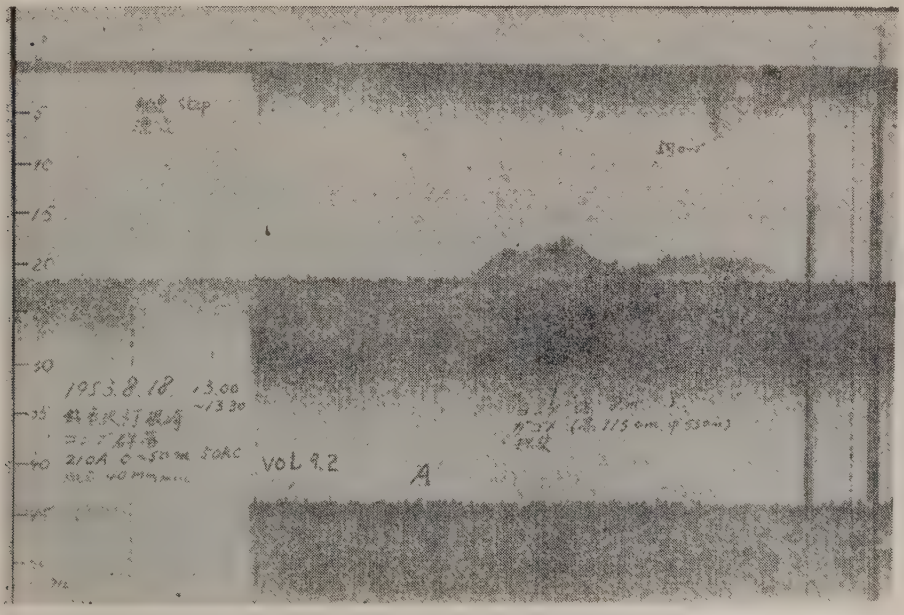
b. 測定方法。上記の魚群探知機を実験船に艤装し、既知のコンブ礁上を航行探知して、ドレツヂ及び鈎によつてコンブ等を採集し、魚群探知機上のコンブ記録を確認し、更にマージン測定法により超音波反射率を求めた。

第 1 図

2. 深海コンブ群落の探知及び超音波反射率の測定

(1) 測定地域

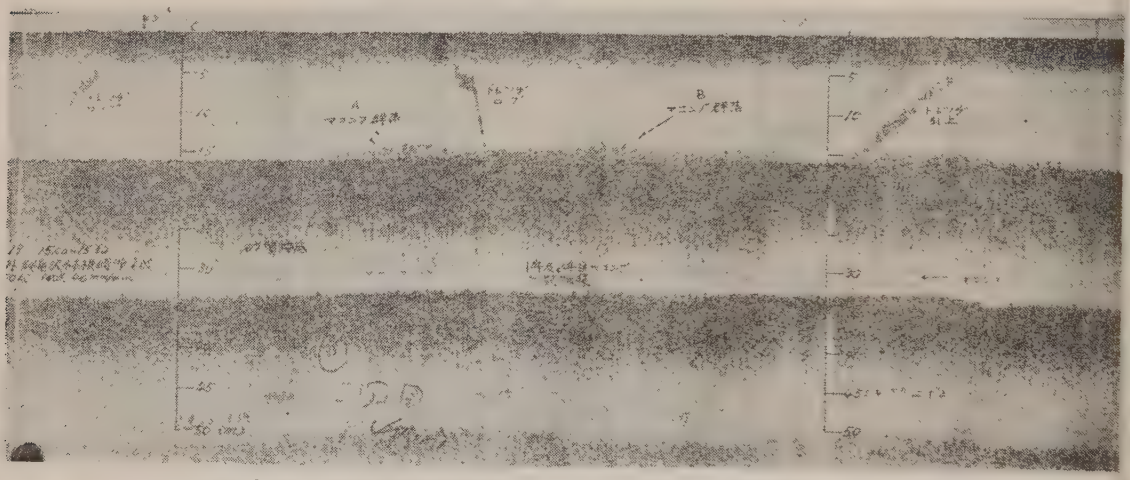
函館市外、銭亀沢村根崎地先（第1図）には水深20m附近の海面にマコンブ群落が多く見られるので、この群落を中心として、探知試験を行い第2図及び第3図に示す記録を得ることが出来た。水深18mの海底の上に現れた高さ約3mの高さの記録がコンブ群落であり、この地点より第3節に示す様なコンブ類の標本を採集した。



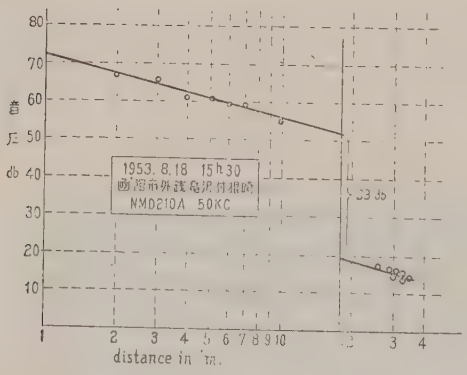
第 2 図　コンブ群落記録（I）
（1953.8.18.　函館銭亀沢）

(2) 超音波反射率の測定

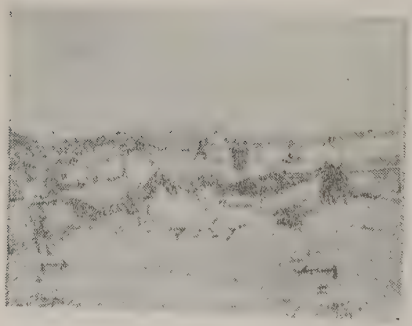
コンブ群落上に実験船を碇置し、マージン測定法[1]によりその超音波反射損失を求めると第4図の如くで、反射損失33db 或は反射率2%となりホンダワラに於ける反射率18% に比べ可成低いようである。



第 3 図 コンブ群落記録 (I) (1953.8.19 函館銭亀沢)



第 4 図 マコンブ反射損失
(函館 1953.8.18)



第 5 図 採集せる長さ9mのマコンブ
(函館 1953.8.18)

第 6 図 採集せるガゴメ
(函館 1953.8.18)

1) 橋本、漁船資料第2号

(3) 標本の採集

上記の測定を行つた場所に於て、トレツデ及び鈎によつて採集した標本の種類及び大きさは次の通りである。

a. マコンブ　(2年目)　(第4図)

学名 Laminaria japonica

	1	2	3
葉長(m)	3.37	8.26	4.00
葉巾(cm)	33	53	10
茎長(cm)	8	8	12

b. ガゴメ　(第5図)

学名 Kjellmaniella crassifolia Miyabe

	1	2	3
葉長(m)	1.48	1.15	2.04
葉巾(cm)	54	18	65
茎長(cm)	3	4	3

C. 其の他

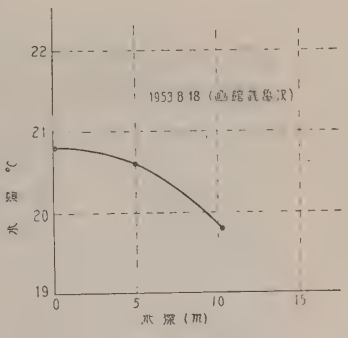
スジメ〔Costaria costata(Turner)Saunders〕及びウガノモク〔Cystophyllum hakodatense Yendo〕若干採集した。

尙採集時の水温分布は第7図に示した。

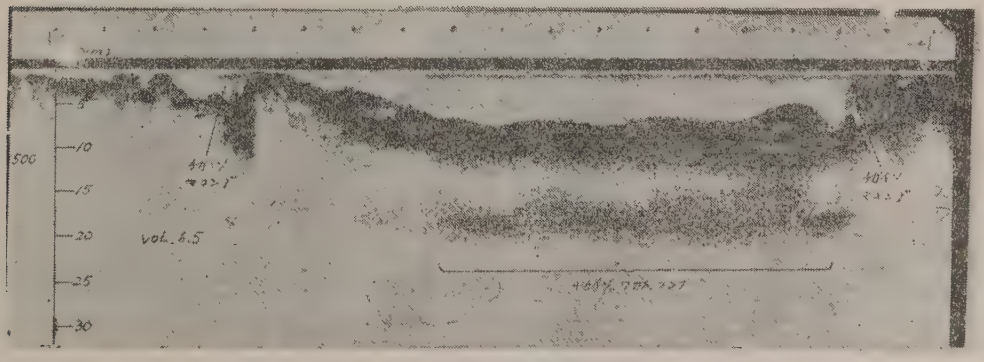
3. 淺海コンブの探知

(1) コンブ群落の探知

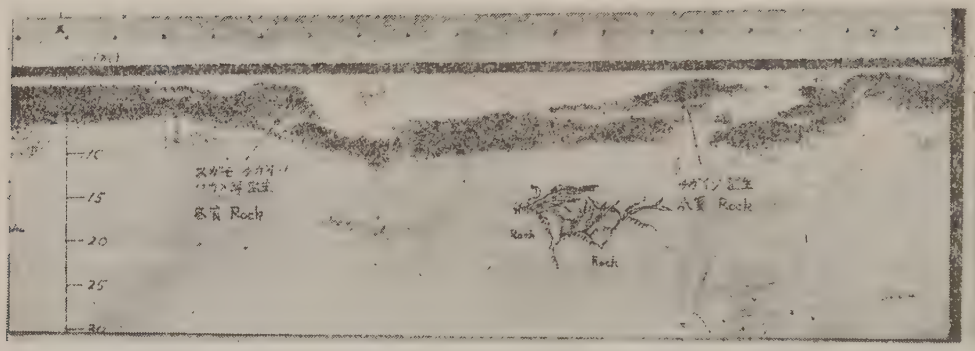
室蘭市周辺、オイナウシ浜地先及び陣屋地先の水深3～5m附近の海面に、マコンブ、エンドウコンブ、ガゴメ、ワカメ、チガイソ、スガモ、スヂメ及びツルモ等の群落が見られ、これらについて探知試験を行つた。第8図及び第9図はオイナウシ浜地先のマコンブ群落（ワカメ、ガゴメ、チガイソ等混生）の探知記録である。又第10図は陣屋地先のツルモの探知記録である。



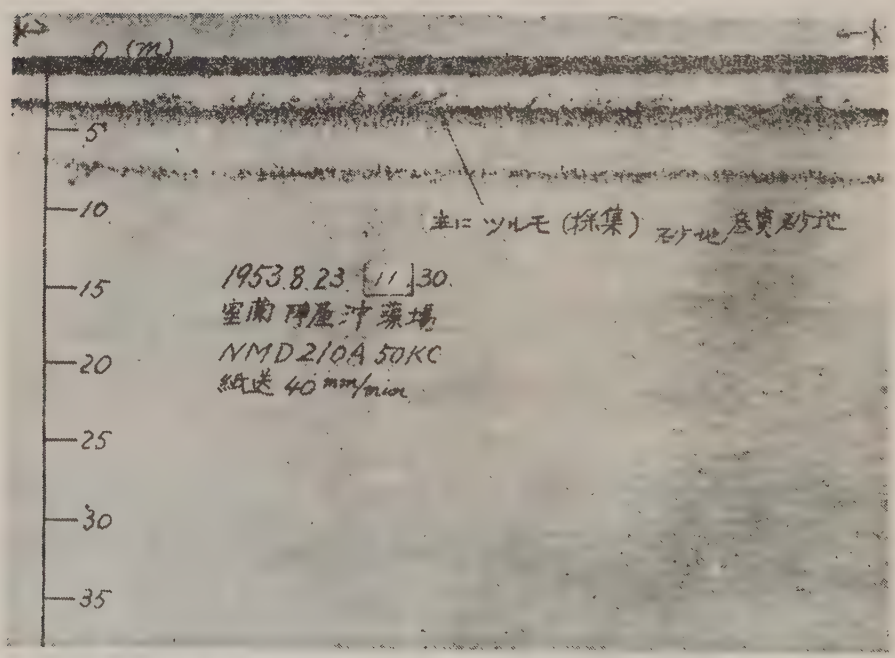
第 7 図　水温分布



第 8 図　浅海コンブ群落の探知記録 (1953. 8. 21　室蘭)



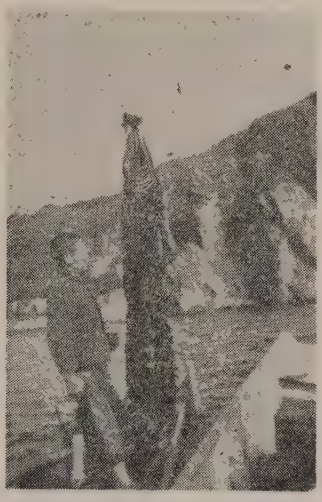
第 9 図 チガイソ、ワカメ、スガモの混生群落探知記録
(1953. 8. 21 室蘭)



第 10 図 ツルモ探知記録 (1953. 8. 22 室蘭陣屋)

(2) 標本の採集

測定用魚群探知機の記録上に海藻類の記録が現われた際にはドレツヂにより標本の採集を行い、実物を確認をした (第11図)。各標本について測定した葉長、葉巾等は次に示した通りである。



第 10 図　マコンブ標本
(1953.8 21　室蘭)

海藻名	学名	葉長 m	葉巾 (cm)	採集地
マコンブ	Laminaria japonica	2～2.5	30～40	オイナウシ浜
ガゴメ	Kjellmaniella crassifolia Miyabe	4.4～1.5	25～30	〃
スヂメ	Costaria costata (T.) Saunders	1.5～1.6	25～30	〃
エンドウコンブ	Laminaria Yendoana Miyabe	0.5～1	19～20	陣屋
ツルモ	Chorda filum (L) Lamouroux	2～3	径 1.5～2mm	陣屋
チガイソ	Alaria crassifolia Kjellman	1.5～2	15～20	オイナウシ浜
スガモ	Phyllospadix iwatensis Makino	0.8～1	0.2～0.3	陣屋，オイナウシ浜

4.　實驗結果に対する考察及び結論

1)　マコンブ、スジメ、チガイソ等は、浅海に於て実験船上より観察した所によれば、岩盤に附着し、その岩盤附近の海流になびいているため、葉長が魚群探知機の記録上に現われるのでなく、葉の堆積した厚さが記録として現われと推定される。従つてコンブ等の繁茂密度が大であれば、この厚さも大きいので海底と分離して記録する事は可能である。

2)　ガゴメ、ツルモ及びスガモ等は比較的直立した状態にあるため、繁茂密度が大である程、又葉長が長い程探知は容易である。

3)　いづれの海藻の場合についても、記録上に現われる高さは 2 m 以内であるので、記録紙巾 150 mm に対する測深巾は 50m 以内、出来れば 20～30m 程度の魚群探知機を使用するのが適当である。

4)　コンブ群落の超音波反射率は可成低く 2％程度であり、探知用の機械は測深々度に比して、送信出力を或程度大にしなければならない。尚参考としてコンブ群落の反射率と他の海藻とを比較す

ると次の通りである。

ホンダワラ	(下田)[1]	18%
カジメ	(伊東)[2]	9%
アジモ	(下田)[3]	5%
マコンブ	(函館)	2%
〔砂質海底		36%〕

以上の諸実験から、魚群探知機によるコンブ群落の探知或は調査は可能であるといふ事が出来るが、使用する機械は上記の諸点を考慮して選択されなければならない。魚探記録より行ふ海藻の密生密度及び種類の判別については今後の研究にまたなければならない。

むすび

コンブ群落等の生態調査に魚群探知機の新しい用途が開ければ本研究の目的が達成されるものであつて、今後その成果を期待する。

終りに、本研究を行うに当り、御援助をいただいた東海区水産研究所高山部長[illegible]に実験で御協力をいただいた、函館市外根崎漁業協同組合関係諸氏及び北海道大学海藻研究所[illegible]に対して感謝する次第である。(西村)

研究担当　橋本富寿
西村　実

(1954年3月1日)

1) 2) 3)　魚群探知機による人工魚礁、投石及藻場の探知に関する研究　漁船研究技報　第4号　1953年12月

〔附　記〕

前号までの掲載目次

漁船研究技報第1号

漁船研究技報発刊に際して …… (1)
漁船研究機関設置の経緯 …… (2)
漁船用試作捩動力計について（推進能力研究第1報） …… (11)
漁艙防熱装置の研究（第1報） …… (31)
漁船機関高速軽量化実地研究試験成績 …… (56)
磁気羅盆に関する研究（随伴角の問題） …… (71)
磁気羅針儀簡易検定装置の研究 …… (83)

漁船研究技報第2号

漁船研究技報第2号刊行に際して …… (1)
漁船研究の事業概況 …… (2)
漁船用試作捩り動力計について（推進能力研究第2報） …… (4)
漁艙防熱装置の研究（第2報） …… (11)
二、三の船型試験成績について（水槽試験報告第1報） …… (19)
和船型実験船の計画概要について（小型漁船性能改善研究第1報） …… (30)
機関の微速運転とシリンダー摩耗について …… (40)
磁気羅針儀羅牌の研究 …… (69)
磁気羅針儀実験室について …… (33)
魚群探知機に関する研究（周波数に関する研究） …… (90)
魚群探知機に関する研究（油の超音波特性に及ぼす影響　第1報） …… (98)
魚群探知機に関する研究（整流覆の送受波器に及ぼす影響） …… (100)

漁船研究技報第3号

漁船研究技報第3号刊行に際して …… (1)
漁船研究室の事業概況 …… (2)
二型動力計による漁船試験成績について（推進能力研究第3報） …… (11)
漁艙防熱装置の研究（第3報） …… (11)
和洋折衷型実験船の概要について（小型漁船性能改善研究第4報） …… (19)
和船型実験船「あかつき」の海上実験成績について（小型漁船性能改善研究第2報） …… (35)
積層材構造の耐水木材の性能について（小型漁船性能改善研究第3報） …… (47)
船型試験成績について（水槽試験成績第2報） …… (57)
漁船機関シリンダー等の摩耗について（第2報） …… (87)
磁気羅盆に関する研究（随伴角に関する実験） …… (111)
磁気羅盆経年変化の一例 …… (131)
二曳曳機船底曳網漁業用魚量計について …… (139)
曳航式中層遠隔水温計の試作研究 …… (159)
魚群探知機に関する研究 …… (177)

漁船研究技報第4号

漁船研究技報第4号刊行に際して …… (1)
漁船研究室の事業概況 …… (2)
船型試験成績について（水槽試験成績第3報） …… (4)
改2型動力計による「白嶺丸」の試験成績について（推進能力研究第4報） …… (18)
和洋折衷型実験船「ちどり」の海上実験成績について（小型漁船性能改善研究第5報） … (25)
和船型木造漁船の撓みについて（小型漁船性能改善研究第6報） …… (31)
漁船機関シリンダー等の摩耗について（第3報） …… (49)
磁気羅盤に関する研究（制振特性について第1報） …… (83)
舶用精密全気圧計の試作研究 …… (102)
二艘曳機船底曳網漁業用魚量計について（第2報） …… (112)
魚群探知機に関する研究 …… (125)

Appendix: Contents of the Reports Published in the Past

Technical Report of Fishing Boat No. 1 1950

Upon publication of "Technical Report of Fishing Boat" ..... (1)
Establishment of Fishing Boat Studying Organ. ..... (2)
Torsion Meter for Fishing Boat ..... (1)
Study in Insulation of Fish Holds (Report No. 1) ..... (31)
Study to Make Fishing Boat Engine High Speed and Light Weight ..... (56)
Study on Magnetic Bowl (Report No. 1) ..... (71)
Study on Simplified Method of Observation of Magnetic Moment of Compass ..... (83)

Technical Report of Fishing Boat No. 2 1951

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 2 ..... (1)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory ..... (2)
Trial Products of Torsion Meter for Fishing Boat (Study in Propulsion Efficiency Report No. 2) ..... (4)
Study in Insulation of Fish Holds (Report No. 2) ..... (11)
Experiments of Model Ships (Tank Test Report No. 1) ..... (19)
Outline of Plan of Japanese Type Test Boat (Study of Improvement of Small Fishing Boat Report No. 1) ..... (30)
Minimum Slow-Running of Engine and Wearing of Cylinders ..... (40)
Study on Magnetic Compass Card (Report No. 1) ..... (69)
On Magnetic Compass Laboratory ..... (83)
Study on School Finder ..... (90)
Study on School Finder (Influence of Oil on the Characteristics of Supersonic Wave, Report No. 1) ..... (98)
Study on School Finder (The Effect of Vibrator Cover) ..... (100)

Technical Report of Fishing Boat No. 3 1952

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 3 ..... (1)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory ..... (2)
Experimental Results on Actual Ships by No. 2 Type Torsionmeter (Study in Propulsion Efficiency, Report No. 3) ..... (1)
Study in Insulation of Fish Holds (Report No. 3) ..... (11)
On the Outline of an Experimental Boat Compromising Japanese and Foreign Type (19)
On the Trial Performances of the Japanese Type Experimental Boat "Akatsuki" (35)
On the Characteristics of Water Proof Laminated Wood ..... (47)

Experimental Results of Ship Forms ..... (57)
Wearing of Cylinders of Fishing Boat Engines (Report No. 2) ..... (87)
Study on Magnetic Compass Bowl (Experiments on Waked Angle) ..... (111)
An Example of Durability of Magnetic Compass Bowl ..... (131)
Catch Gauge for Two Boat Trawler ..... (139)
Experiments on Manufacturing of Remote Control Towing Thermometer for Mid Water ..... (159)
Study on School Finder ..... (177)

Technical Report of Fishing Boat No. 4 1953

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 4 ..... (1)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory ..... (2)
Experimental Results of Ship Forms (Tank Test Results, Report No. 3) ..... (4)
Experimental Results of the Actual Ship's Trial by the Improved No. 2 Type Torsion Meter (Study in Propulsion Efficiency Report No. 4) ..... (18)
Trial Results of the Compromised Japanese and Foreign Type Experimental Boat "Chidori" ..... (25)
Deflection of Japanese Type Wooden Fishing Boat ..... (31)
Wearing of Cylinders of Fishing Boat Engines (Report No. 3) ..... (49)
Study on Magnetic Compass Bowl (Damping character of Compass Card) ..... (83)
Marine Aneroid Barometer ..... (102)
Catch Gauge for Two Boat Trawler ..... (112)
Study on Fish Finder ..... (125)
I Trial Products of Fishing Boat Laboratory-Type Small Fish Finder ..... (185)
II Characteristics of Ultrasonic Transducer in Mounting Tank ..... (180)
III Sounding by Fish Finder ..... (134)
VI Sounding of Artificial Schools, Rocksand, Sea Plants Fields by Fish-Finder ..... (138)

昭和29年7月25日 印刷
昭和29年8月1日 発行

漁船研究技報

東京都千代田区
発行所　水産庁生産部漁船研究室
編輯者　室長　稲村桂吾

東京都中央区新富町三ノ六
印刷所　日本応用印刷株式会社
印刷者　田中忠雄